

Docket No. 198004US2

JC917 U.S. PRO
09/67861
10/04/00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Kohji SAKAI, et al.

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: SCANNING OPTICAL SYSTEM, OPTICAL SCANNING DEVICE AND IMAGE FORMING APPARATUS

REQUEST FOR PRIORITY

ASSISTANT COMMISSIONER FOR PATENTS
WASHINGTON, D.C. 20231

#2
2/17/01

SIR:

- Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number, filed, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- Full benefit of the filing date of U.S. Provisional Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e).
- Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	11-284443	October 5, 1999

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- are submitted herewith
- will be submitted prior to payment of the Final Fee
- were filed in prior application Serial No. filed
- were submitted to the International Bureau in PCT Application Number .
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- (B) Application Serial No.(s)
 - are submitted herewith
 - will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Registration No. 24,913

C. Irvin McClelland
Registration Number 21,124



22850

Tel. (703) 413-3000
Fax. (703) 413-2220
(OSMMN 10/98)

日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JC917 U.S. PTO
09/670611
10/04/00

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日

Date of Application:

1999年10月 5日

出願番号

Application Number:

平成11年特許願第284443号

出願人

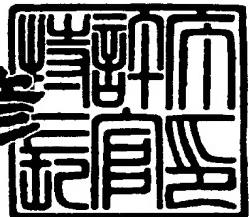
Applicant(s):

株式会社リコー

2000年 6月29日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近藤 隆彦



出証番号 出証特2000-3050488

【書類名】 特許願
【整理番号】 9903831
【提出日】 平成11年10月 5日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 26/10
【発明の名称】 走査光学系・光走査装置および画像形成装置
【請求項の数】 19
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内
【氏名】 酒井 浩司
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内
【氏名】 青木 真金
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内
【氏名】 鈴木 清三
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区中馬込1丁目3番6号・株式会社リコー内
【氏名】 厚海 広道
【特許出願人】
【識別番号】 000006747
【氏名又は名称】 株式会社リコー
【代理人】
【識別番号】 100067873
【弁理士】
【氏名又は名称】 樽山 亨
【選任した代理人】
【識別番号】 100090103
【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 章悟

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014258

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809112

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査光学系・光走査装置および画像形成装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】

光偏向器により偏向されるビームを被走査面上に光スポットとして集光させる光学系であって、

2枚のレンズにより構成され、

光偏向器側のレンズは、副走査方向に負の屈折力を有し、

被走査面側のレンズは、副走査方向に正の屈折力を有し、

上記2枚のレンズのレンズ面のうち、少なくとも1つのレンズ面は、副走査断面内の形状が非円弧形状であることを特徴とする走査光学系。

【請求項2】

請求項1記載の走査光学系において、

副走査断面内の形状が非円弧形状である面は、その非円弧形状が、主走査方向における副走査断面の位置に応じて変化する副非円弧面であることを特徴とする走査光学系。

【請求項3】

請求項1または2記載の走査光学系において、

光偏向器側のレンズが、主走査方向に正の屈折力を有することを特徴とする走査光学系。

【請求項4】

請求項1または2または3記載の走査光学系において、

中心像高における副走査方向の横倍率： β_2 が、条件：

$$(1) \quad 0.5 \leq |\beta_2| \leq 2.0$$

を満足することを特徴とする走査光学系。

【請求項5】

請求項2または3または4記載の走査光学系において、

副非円弧面の、主走査断面内の形状が非円弧形状であることを特徴とする走査光学系。

【請求項6】

請求項1～5の任意の1に記載の走査光学系において、偏向反射面近傍と被走査面位置とを副走査方向に関して、幾何光学的に共役関係とする機能を有するアナモフィックな光学系であることを特徴とする走査光学系。

【請求項7】

請求項6記載の走査光学系において、2枚のレンズの、4つのレンズ面全てにおいて、主・副走査方向の曲率が異なることを特徴とする走査光学系。

【請求項8】

請求項1～7の任意の1に記載の走査光学系において、被走査面上の光スポットのスポット径を、光スポットにおける光強度分布のライムスプレッド関数における $1/e^2$ 強度で定義するとき、スポット径が、主・副走査方向とも、有効書込範囲内において $50 \mu m$ 以下となる結像性能を持つことを特徴とする走査光学系。

【請求項9】

請求項2～8の任意の1に記載の走査光学系において、副非円弧面の、副走査断面内における非円弧形状の、円弧からのずれ量である非円弧量が、主走査方向に非対称に変化することを特徴とする走査光学系。

【請求項10】

請求項1～9の任意の1に記載の走査光学系において、少なくとも2つのレンズ面は、副走査断面内の曲率が主走査方向に変化し、上記少なくとも2つのレンズ面のうち少なくとも1面は、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化が非対称であって、

中心像高における副走査方向の横倍率： β_2 、任意像高における副走査方向の横倍率： β_h が、条件：

(2) $0.9 \leq |\beta_h/\beta_2| \leq 1.1$
を満足することを特徴とする走査光学系。

【請求項11】

請求項1～10の任意の1に記載の走査光学系において、

有効書込幅：W、有効書込幅内における副走査像面湾曲の幅： F_S が条件：

$$(3) \quad F_S/W < 0.005$$

を満足することを特徴とする走査光学系。

【請求項12】

請求項10または11記載の走査光学系において、

副走査断面内の曲率の主走査方向の変化が非対称であるレンズ面を少なくとも2つ有し、それらレンズ面のうち少なくとも2つのレンズ面が、面間に空気間隔を有することを特徴とする走査光学系。

【請求項13】

請求項1～12の任意の1に記載の走査光学系において、

同時に偏向される複数ビームを、被走査面上に複数の光スポットとして集光するため用いられることを特徴とする走査光学系。

【請求項14】

光源からのビームを、カップリングレンズにより以後の光学系にカップリングし、カップリングされたビームを線像結像光学系により、光偏向器の偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、上記光偏向器により等角速度的に偏向させ、偏向ビームを走査光学系により、被走査面上に光スポットとして集光させ、上記被走査面を走査するシングルビーム方式の光走査装置において、

走査光学系として、請求項1～12の任意の1に記載の走査光学系を用いたことを特徴とする光走査装置。

【請求項15】

複数の発光源からのビームを、カップリングレンズにより以後の光学系にカップリングし、カップリングされた複数ビームを共通の線像結像光学系により、光偏向器の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長く、副走査方向に分離した複数の線像として結像させ、上記光偏向器により同時に等角速度的に偏向させ、各偏向ビームを共通の走査光学系により、被走査面上に、副走査方向に分離した複数の光スポットとして集光し、これら複数の光スポットにより複数走査線を同時走査するマルチビーム方式の光走査装置において、

複数の偏向ビームに共通の走査光学系として、請求項13記載の走査光学系を用いたことを特徴とするマルチビーム方式の光走査装置。

【請求項16】

請求項15記載のマルチビーム方式の光走査装置において、

複数の発光源が1列に配列されたモノリシックな半導体レーザアレイを、光源として用いたことを特徴とするマルチビーム方式の光走査装置。

【請求項17】

請求項16記載の光走査装置において、

半導体レーザアレイの発光源の間隔が $10 \mu m$ 以上であることを特徴とするマルチビーム方式の光走査装置。

【請求項18】

感光媒体の感光面に光走査装置による走査を行って潜像を形成し、上記潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、

感光媒体の感光面の走査を行う光走査装置として、請求項14～17の任意の1に記載のものを用いたことを特徴とする画像形成装置。

【請求項19】

請求項18記載の画像形成装置において、

感光媒体が光導電性の感光体であり、感光面の均一帯電と光走査装置の走査により形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されることを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、走査光学系・光走査装置および画像形成装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

光走査装置は、デジタル複写装置やレーザプリンタ、レーザプロッタ、レーザ製版装置等の画像形成装置に関連して広く知られている。走査光学系は、光走査装置に用いられ、光偏向器により偏向するビームを被走査面上に走査用の光スポット

ットとして集光する光学系である。走査光学系により被走査面上に集光された光スポットは被走査面を走査して画像書込みを行う。

近来、このような光走査装置に対して走査の高密度化や高速化が要請されている。また、光走査装置を用いる画像形成装置のレイアウト上の理由等により、走査光学系に「長いバック長」が要請されることが多い。

「バック長」は、走査光学系を構成する結像素子（レンズや凹面鏡等）のうちで、最も被走査面側に配備されるものから被走査面に至る距離である。

光走査装置を用いる画像形成装置では、機械的構成はレイアウトの自由度が少ない。例えば、感光媒体として光導電性の感光体を用い、これを帯電手段で均一帯電したのち、光走査装置の走査で画像書込みを行い、形成される静電潜像を現像装置で現像してトナー画像とし、このトナー画像を転写紙に転写・定着して画像形成を行う場合を考えてみると、帯電手段や現像装置、転写装置や定着装置といった、画像形成プロセス上必要な機械装置は、その機械的な構成により感光体に対する機械的な位置関係が限定されるので、その配備位置に自由度が少ない。

これに対して光走査装置の光学系は、光源から被走査面（実体的には上記感光体の感光面）に至る光学配置に相当の自由度があり、画像形成装置における帯電手段や現像装置等のレイアウトに応じて光学設計を行うことが可能であるため、レイアウト上の要請により「バック長の長い走査光学系」が求められることも多い。

【0003】

近来、光走査装置における「走査密度」も1200 dpi（1インチあたりのドット数）或いは2400 dpiといった高密度が要請されている。走査の高密度化を達成するには、被走査面上に集光させる光スポットのスポット径を小さくする必要がある。

光スポットのスポット径を小径化するには、走査光学系に入射するビームのビーム径を大きくする必要がある。このように走査光学系に入射するビーム径が大きくなると、走査光学系の像面湾曲や結像倍率といった幾何光学的な特性を良好にするのみでは足らず、波動光学的な波面収差を光スポットの像高に拘わらず一定に設定することが重要となる。

光走査装置による走査を高速化できる方法として、被走査面の複数走査線を同時走査する「マルチビーム方式」が注目され、モノリシックな半導体レーザアレイの発光源を1列に並べたLDアレイ方式や、複数の半導体レーザからのビームを合成するビーム合成方式の光源を用いるマルチビーム方式の光走査装置が実現されつつある。このようなLDアレイ方式やビーム合成方式の光源を用いると、シングルビーム方式の光走査装置の場合と同様、光源から被走査面に至る光路上の光学系を複数ビームで共通化して使用できるので、機械的変動に対して安定性の高いマルチビーム方式の光走査装置が可能になる。

高密度走査の実現には、マルチビーム走査方式においても、被走査面上に結像する個々の光スポット径を小さくする必要があることは当然であり、このために走査光学系における、波動光学的な波面収差を小さく抑えることが必要であることは、シングルビーム方式の場合と何ら変わらない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

この発明は、シングルビーム方式とマルチビーム方式とを問わずバック長を確保しつつ、小径の光スポットを実現できる走査光学系の実現を課題とする。

この発明はまた、上記走査光学系を使用することにより、高密度化に適応できるシングルビーム方式及びマルチビーム方式の光走査装置を実現し、さらには、このような光走査装置を用いる画像形成装置を実現することを他の課題とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

この発明の走査光学系は「光偏向器により偏向されるビームを被走査面上に光スポットとして集光させる光学系」であって、以下の如き特徴を有する（請求項1）。

即ち、走査光学系は、2枚のレンズにより構成される。

【0006】

2枚のレンズの内、光偏向器側のレンズは「副走査方向に負の屈折力を有するもの」であり、被走査面側のレンズは「副走査方向に正の屈折力を有するもの」である。

2枚のレンズのレンズ面のうち、少なくとも1つのレンズ面は「副走査断面内の形状が非円弧形状」である。

【0007】

「副走査断面」は、レンズ面近傍において主走査方向に直交する仮想的な平断面をいう。また、レンズ面近傍において、レンズ光軸を含み、主走査方向に平行な仮想的な平断面を「主走査断面」と呼ぶこととする。

この請求項1記載の走査光学系において、前記「副走査断面内の形状が非円弧形状である面」を、「副走査断面内の非円弧形状が、主走査方向における副走査断面の位置に応じて変化する副非円弧面」とすることができる（請求項2）。副非円弧面の形状は、被走査面上の各走査位置（光スポットの集光位置：像高）における波面収差を補正するように定めることができる。これにより、被走査面上の各走査位置ごとに、最良の波面収差を設定することができる。

上記請求項1、2記載の走査光学系において、前記光偏向器側のレンズを「主走査方向に正の屈折力を有する」ものとすることができます（請求項3）。

請求項1または2または3記載の走査光学系の中心像高における、副走査方向の横倍率： β_2 は、条件：

$$(1) \quad 0.5 \leq |\beta_2| \leq 2.0$$

を満足することが好ましい（請求項4）。

「走査光学系の副走査方向の横倍率」は、この明細書中において、副走査方向において、「被走査面近傍像点に共役な走査光学系の物点」と被走査面近傍像点との横倍率として定義する。この副走査方向の横倍率のうちで、中心像高における横倍率が上記「 β_2 」であり、任意像高： h における横倍率が後述の「 β_h 」である。

【0008】

上記請求項2～4の任意の1に記載の走査光学系において、上記副非円弧面の形状を、主走査断面内においても非円弧形状とすることができます（請求項5）。

請求項1～5の任意の1に記載の走査光学系を「偏向反射面近傍と被走査面位置とを副走査方向に関して、幾何光学的に共役関係とする機能を有するアナモフィックな光学系」とすることができます（請求項6）。この場合において「2枚の

レンズの、4つの面すべてにおいて、主・副走査方向の曲率を異ならせる」ことができる（請求項7）。ここに言う主・副走査方向の曲率は、光軸（レンズ面形状を数式により特定する場合は、主・副走査方向に直交する方向の基準座標軸をいう）を含む主・副走査断面内の曲率を言い、上記断面内のレンズ面形状が非円弧形状であるときは、近軸曲率を言う。

非走査面上に集光された光スポットのスポット径としては、光スポットにおける光強度分布のライムスプレッド関数における $1/e^2$ 強度で定義することができる。被走査面上に形成された光スポットの中心座標を基準とし、主・副走査方向の座標：Y、Zにより、光スポットの光強度分布をf(Y、Z)とするとき、Z方向のライムスプレッド関数：LSZは、

(4) $LSZ(Z) = \int f(Y, Z) dY$ (積分はY方向における光スポットの全幅について行う) で定義され、Y方向のライムスプレッド関数：LSYは、

(5) $LSY(Y) = \int f(Y, Z) dZ$ (積分はZ方向における光スポットの全幅について行う) で定義される。このように定義されるライムスプレッド関数は、一般にガウス分布型であるので、その最大値を1に規格化したとき「 $LSZ(Z) \leq 1/e^2$ 」となるZ方向の幅をもって、副走査方向のスポット径とする。主走査方向についても同様である。

請求項1～7の任意の1に記載の走査光学系は、上記の如く定義されるスポット径が、主・副走査方向とも、有効書込範囲内で $50\mu m$ 以下となるように、結像機能を設定することができる（請求項8）。ライムスプレッド関数により上記の如く定義されるスポット径は「光スポットをスリットで等速走査し、スリットを通った光を光検出器で受光し、受光量を積分する」ことにより容易に測定可能であり、このような測定を行う装置も市販されている。

従来の技術では、 $50\mu m$ 以下のスポット径を持つ良好な光スポットを形成することは容易でないが、この発明のように、走査光学系内に、副非円弧面を1面以上用い、その面形状を「波面収差を良好に補正する形状」とすることにより、 $50\mu m$ 以下のスポット径を持つ良好な光スポットをも、確実に形成することが可能となる。

【0009】

請求項2～8の任意の1に記載の走査光学系においては、副非円弧面の、副走査断面内における非円弧形状の「非円弧量」を、主走査方向に非対称に変化させることができる（請求項9）。

「非円弧量」は、円弧（近軸曲率）からのずれ量である。

請求項1～9の任意の1に記載の走査光学系は、少なくとも2つのレンズ面の副走査方向の曲率が主走査方向に変化し、上記少なくとも2つのレンズ面のうち少なくとも1面は、副走査方向の曲率の主走査方向の変化が非対称（主走査方向に対称軸を持たない）であって、前述した中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h が、条件：

$$(2) \quad 0.9 \leq |\beta_h/\beta_2| \leq 1.1$$

を満足することが好ましい（請求項10）。

「副走査方向の曲率」は前述した、レンズ面を副走査断面で切断したときの副走査断面におけるレンズ面の曲率であり、「副走査方向の曲率が主走査方向に変化する」とは、副走査断面の位置を主走査方向に変化させたとき、副走査断面の位置に応じて、副走査方向の曲率が変化することを意味する。

請求項1～10の任意の1に記載の走査光学系は、有効書込幅：W、有効書込幅内における副走査像面湾曲（この明細書において「副走査方向の像面湾曲」を言う）の幅： F_S が条件：

$$(3) \quad F_S/W < 0.005$$

を満足することが好ましい（請求項11）。

請求項10、11記載の走査光学系は、副走査方向の曲率変化が主走査方向に非対称であるレンズ面を少なくとも2つ有し、そのレンズ面のうち少なくとも2つのレンズ面が「面間に空気間隔を有する」ことが好ましい（請求項12）。

請求項1～12の任意の1に記載の走査光学系は勿論、シングルビーム方式の光走査装置に使用できるが、「同時に偏向される複数ビームを、被走査面上に複数の光スポットとして集光する」ために用いることができる（請求項13）。

【0010】

請求項14記載の光走査装置は、シングルビーム方式の光走査装置である。

即ち、この光走査装置は「光源からのビームをカップリングレンズにより以後

の光学系にカップリングし、カップリングされたビームを線像結像光学系により、光偏向器の偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、光偏向器により等角速度的に偏向させ、偏向ビームを走査光学系により、被走査面上に光スポットとして集光させ、被走査面を走査するシングルビーム方式の光走査装置において、走査光学系として請求項1～12の任意の1に記載の走査光学系を用いた」ことを特徴とする。

請求項15記載の光走査装置は、マルチビーム方式の光走査装置である。

即ち、この光走査装置は「複数の発光源からのビームをカップリングレンズにより以後の光学系にカップリングし、カップリングされた複数ビームを共通の線像結像光学系により、光偏向器の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長く、副走査方向に分離した複数の線像として結像させ、光偏向器により同時に等角速度的に偏向させ、各偏向ビームを共通の走査光学系により、被走査面上に、副走査方向に分離した複数の光スポットとして集光し、これら複数の光スポットにより複数走査線を同時走査するマルチビーム方式の光走査装置において、共通の走査光学系として、請求項13記載の走査光学系を用いた」ことを特徴とする。カップリングレンズは、複数ビームに対して個別的としても共通化してもよい。

この請求項15記載のマルチビーム方式の光走査装置においては、光源として「複数の発光源が1列に配列されたモノリシックな半導体レーザアレイ」を用いることができる（請求項16）。この場合、半導体レーザアレイの発光源の間隔は「 $10 \mu m$ 以上」であることが好ましい（請求項17）。

この発明の画像形成装置は「感光媒体の感光面に光走査装置による走査を行って潜像を形成し、この潜像を可視化して画像を得る画像形成装置」であって、感光媒体の感光面の走査を行う光走査装置として、請求項14～17の任意の1に記載のものを用いたことを特徴とする（請求項18）。

この場合において、感光媒体として光導電性の感光体を用い、感光面の均一帶電と光走査装置の走査とにより形成される静電潜像をトナー画像として可視化するように構成することができる（請求項19）。トナー画像は、シート状の記録媒体（転写紙やオーバヘッドプロジェクタ用のプラスチックシート）に定着される。

請求項18記載の画像形成装置において、感光媒体として、例えば銀塩写真フィルムを用いることもできる。この場合、光走査装置による光走査により形成された潜像は通常の銀塩写真プロセスの現像手法で可視化できる。このような画像形成装置は例えば「光製版装置」として実施できる。

また請求項19記載の画像形成装置は、具体的にはレーザプリンタやレーザプリンタ、デジタル複写機、ファクシミリ装置等として実施できる。

【0011】

光偏向器以後に配備される走査光学系の、副走査方向の横倍率： β_2 は、 $|\beta_2| \geq 0.5$ が「実用的に使える範囲」である。

$|\beta_2|$ が0.5より小さいと、一般に被走査面側のレンズが感光体側に近付すぎ、そのレンズの主走査方向の全長が長くなるため、加工が困難になり、レンズの製造コストも高くなる。また「長いバック長の確保」も難しい。

また、光学系が著しく拡大倍率（ $|\beta_2| > 2$ ）となると、環境変動や走査光学系の取付誤差による像面位置変動が大きくなりやすく、光スポットの小径化は「副非円弧面を用いても困難」となる。

即ち、走査光学系は、請求項4記載の発明の如く、副走査方向の横倍率： β_2 の、少なくとも中心像高における値： β_2 が、

$$(1) 0.5 \leq |\beta_2| \leq 2.0$$

であることが望ましい。

【0012】

請求項1記載のマルチビーム走査光学系は、副走査方向においては、光偏向器側から順に「負・正の屈折力配分」とすることにより、所謂「レトロフォーカス型」としている。このため、実際のレンズ配置におけるよりも被走査面側に「副走査方向の後側主点」を配備できるので「バック長を長くとる」ことが可能となる。そして、上記条件（1）を満足させることにより、被走査面側レンズの「主走査方向のレンズ全長の長大化」及び「環境変動や走査光学系の取付誤差による像面位置変動」を有效地に抑えることができる。請求項1記載の走査光学系はまた、上記の如く「副走査方向においてレトロフォーカス型」であるため、「Fナンバ」を小さくできる。

さらに、請求項1記載の走査光学系は、少なくとも1つのレンズ面の「副走査断面内の形状を非円弧形状」としているため、この面の波面収差補正機能を有效地に生かすことにより、光スポット径を「より小さく絞る」ことができ、走査の高密度化に容易に対応できる。この非球面形状は、円弧形状からのずれ量を主走査方向において一定に与えて形成しても良いが、有効書込範囲内にわたり光スポット径を「より小さく絞る」ためには、請求項2記載の発明のように上記面の「非円弧形状を、主走査方向における副走査断面の位置に応じて変化させた副非円弧面」とすることが好ましい。

請求項3記載の走査光学系では、光偏向器側のレンズについて、主走査方向においては正の屈折力を与えて、 $f\theta$ 特性等の「等速度特性」を確保している。

また、瞳面（副非円弧面の任意の位置に入射する偏向光束の、副非円弧面上における光束断面）全体で、波面収差を良好に補正し、より安定した光スポットを得るには、請求項5記載の発明のように「副非円弧面の形状を、主走査断面内においても非円弧形状とする」ことが好ましい。

また、請求項6記載の発明のように、走査光学系をアナモフィックとすることにより、光偏向器における面倒れを補正することができる。この場合、請求項7記載の発明のように、2枚のレンズの、4つのレンズ面全てにおいて、主・副走査方向の曲率を異ならせることにより、走査線曲がりを小さく抑えることが可能となる。

ところで、良好な走査を行うには、被走査面上の光スポットの径（主走査方向の径は信号の電気的な補正である程度対処できるが、副走査方向の径はこのような補正ができないので、特に副走査方向のスポット径）が、像高によって大きく変化しないことが重要である。このことは高密度の走査では特に重要である。

「被走査面上の光スポットの、副走査方向の径が、像高によって大きく変化しない」ためには、走査光学系の副走査方向の横倍率が像高により大きく変化しないことが必要である。また、走査光学系の副走査方向の横倍率： β_2 の像高による変動は、マルチビーム走査方式においては「同時に走査される走査線のピッチ（走査線ピッチという）が像高と共に変化する」問題となって現れる。

従って、マルチビーム方式の光走査において、走査線ピッチの「像高による変

動（以下「ピッチ変動」という）」を抑えるには「走査光学系の副走査方向の横倍率を、像高間で一定に補正する」ことが必要である。このことは、走査光学系を構成する2枚のレンズのレンズ面のうち、少なくとも2つのレンズ面で副走査方向の曲率を主走査方向に変化させ、副走査方向のベンディングにより「副走査方向の主点位置を像高に応じて調整する」ことにより実現できる。

【0013】

また、光偏向器としてポリゴンミラーを用いる場合、ポリゴンミラーの回転中心は、走査光学系の光軸からずらして設置されるため、ビーム偏向に伴って偏向反射面での反射点が変位し、偏向光束の偏向の起点が変動する「光学的なサグ」が発生し、走査光学系の光軸の+像高側と-像高側とで、光束の通る経路が異なることになる。このため、副走査方向の横倍率は「主走査方向において非対称的に変化」する。この非対称な横倍率変化は、上記2つレンズ面の少なくとも1面を「副走査曲率変化の非対称な面」とすることで補正できる。「副走査曲率」は、前述した「副走査断面内の曲率」を言う。

「副走査曲率変化の非対称な面」とは、例えば

(a) 副走査曲率の変化が、光軸から主走査方向に離れるにつれて左右非対称に単調増加する。

【0014】

(b) 副走査曲率の変化が、光軸から主走査方向に離れるにつれて左右非対称に単調減少する。

【0015】

(c) 副走査曲率の変化の極値が光軸外にある。

【0016】

(d) 副走査曲率の変化が、+像高側から-像高側に向かって単調増加する。

(e) 副走査曲率の変化が、+像高側から-像高側に向かって単調減少する。

(f) 副走査曲率の変化が、極値を2以上有する。

等、さまざまな面が考えられるが、このような「光軸として一般的な回転対称軸を持たない」すべての面を指す。

これらのどれを「副走査曲率変化の非対称な面」として採用するかは、設計条

件により左右される。

【0017】

シングルビーム方式でもマルチビーム方式でも、有効主走査領域内における「副走査方向の横倍率変化」は10%以下であることが好ましく、より好ましくは7%以下がよい。請求項10記載の発明では、条件(2)の充足により、上記10%以下の「副走査方向の横倍率変化」を実現する。

マルチビーム方式での光走査の場合、副走査方向の横倍率変化が7%以下であれば、「1200 dpiで7次飛び越し走査」を行う場合でも、同時走査線ピッチ148.19μmに対しピッチ変動は10.37μmとなり、1200 dpiでの隣接ピッチ：21.17μmの略半分に抑えられる。飛び越し走査の場合、ピッチ変動が「隣接ピッチの略半分」であることは、走査線ピッチ変動に対する許容限界であり、5次飛び越しや3次飛び越しならば、更にピッチ変動を小さく抑えることができる。

また、「光学的なサグ」の影響により、発生する波面収差量も光スポットの像高に応じて非対称に異なることになるが、請求項9記載の発明では、走査光学系の副非円弧面の、非円弧量の主走査方向の変化を非対称とすることにより、上記サグによる、主走査方向に非対称な波面収差を補正し、各像高ごとに最良の波面収差を設定することができる。

【0018】

良好な走査を行うには、被走査面上の光スポットの、副走査方向のビームウェスト位置が、像高によって大きくばらつかないことも重要である。「被走査面上の光スポットの、副走査方向のビームウェスト位置が、像高によって大きくばらつかない」ためには、走査光学系の副走査方向の像面湾曲量が像高により大きく変化しないことが必要である。

請求項11記載の発明では、条件(3)の充足により、各像高における副走査方向の像面湾曲量を抑えている。なお、副走査方向の像面湾曲量が条件(3)を満足する必要は必ずしもない。走査光学系では、被走査面上における光スポットの移動速度を等速化する等速度特性等、他の光学特性の良好性も要求されるから、像面湾曲の補正も他の光学特性の補正とのバランスの取れたものでなければな

らず、像面湾曲のみを良好にしようとするのは、他の光学特性の補正とのバランスで無理がある場合もある。また、被走査面の実体をなす感光媒体に対する光走査装置の組み付けの公差を考慮すると、走査光学系における像面湾曲が設計上いくら良好に補正されても、被走査面位置が上記公差により設計上の位置からずれると、設計上の良好な像面湾曲を実現できるとは限らない。

このような問題は、「副非円弧面」に「副走査方向の像面湾曲によるビームウェストの被走査面に対する位置ずれを補正する機能」を持たせることで解決することができる。つまり、副走査方向の像面湾曲により、副走査方向の近軸結像点（近軸光線束による結像位置）が被走査面に対して像高毎にばらついているにも拘わらず、「全光線束に対応するビーム」のビームウェストを被走査面に近付ける補正を「副非円弧面」を用いることで達成でき、この補正により副走査方向の光スポット径の変動を有効に補正できる。

請求項11の発明の条件(3)を満足するには、やはり副走査方向の像面湾曲についても「光学的なサグ」を考慮しなければならない。光学的なサグが「副走査像面湾曲に与える影響」は、「走査光学系の副走査方向横倍率の変化に与える影響」とは必ずしも一致しない。従って「副走査曲率変化の非対称な面」は、副走査像面湾曲の非対称性を補正するためと、横倍率変化の非対称性を補正するために、少なくとも2つのレンズ面に導入するのが好ましい。

少なくとも2つのレンズ面で「副走査方向の曲率を主走査方向に非対称に変化させ、副走査方向でベンディングさせて副走査方向の主点位置を調整する」場合、これら2つのレンズ面の面間隔が広い方が、主点位置の変化量を大きくとることができ、ベンディングにより副走査方向の横倍率を調整し、且つ、副走査像面湾曲を調整できる範囲が広くなる。このため請求項12記載の発明では、走査光学系の中で、上記少なくとも2つのレンズ面の間隔を大きくとれるように、これらの少なくとも2つのレンズ面間に空気間隔を有するようにした。

【0019】

また、請求項15記載の「マルチビーム方式の光走査装置」のように、カップリングされた各ビームにつき、線像結像光学系から走査光学系までを、複数ビームに共通化することにより、線像結像光学系以下をシングルビーム方式の光走査

装置と同様に構成することができ、機械的変動に対し、極めて安定性の高いマルチビーム方式の光走査装置を実現できる。

マルチビーム方式の光走査装置の場合、光源としてはLDアレイ方式のものもビーム合成方式のものも利用できる。LDアレイ方式の光源を用いる場合、発光源間における熱的・電気的な相互作用の影響を除去するには、発光源間隔をある程度大きく取ることが必要である。請求項17記載の発明のように、半導体レーザアレイの発光源の間隔を $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上とすることにより、発光源間の熱的・電気的な影響を有効に軽減して良好なマルチビーム走査を行うことが可能になる。

【0020】

【発明の実施の形態】

図31に、この発明の光走査装置の実施の1形態を要部のみ示す。

図31に示す光走査装置はシングルビーム方式のものである。

半導体レーザである光源1から放射されたビームは発散性の光束で、カップリングレンズ2により以後の光学系にカップリングされる。カップリングされたビームの形態は、以後の光学系の光学特性に応じ、弱い発散性の光束や弱い集束性の光束となることも平行光束となることもできる。

カップリングレンズ2を透過したビームは、アパーチャ3の開口部を通過する際、光束周辺部を遮断されて「ビーム整形」され、「線像結像光学系」であるシリンドリカルレンズ4に入射する。シリンドリカルレンズ4は、パワーのない方向を主走査方向に向け、副走査方向には正のパワーを持ち、入射してくるビームを副走査方向に集束させ、「光偏向器」であるポリゴンミラー5の偏向反射面近傍に集光させる。

偏向反射面により反射されたビームは、ポリゴンミラー5の等速回転に伴い等角速度的に偏向しつつ、「走査光学系」をなす2枚のレンズ6、7を透過し、折り曲げミラー8により光路を折り曲げられ、「被走査面」の実体をなす光導電性の感光体9上に光スポットとして集光し、被走査面を走査する。なお、ビームは走査に先立ってミラー10に入射し、レンズ11により受光素子12に集光される。受光素子12の出力に基づき、書き開始タイミングが決定される。

図32に、この発明のマルチビーム方式の光走査装置の実施の1形態を示す。

煩雑を避けるため、混同の虞がないと思われるものについては、図31におけると同一の符号を付した。

光源1Aは半導体レーザアレイであって、4つの発光源ch1～ch4を等間隔で1列に配列したものである。この実施の形態では4つの発光源は、副走査方向に配列しているが、半導体レーザアレイ1Aを傾け、発光源の配列方向が主走査方向に対して傾くようにしてもよい。

4つの発光源ch1～ch4から放射された4ビームは、図に示すように「楕円形のファーフィールドパタン」の長軸方向が主走査方向に向いた発散性の光束であるが、4ビームに共通のカップリングレンズ2により、以後の光学系にカップリングされる。カップリングされた各ビームの形態は、以後の光学系の光学特性に応じ、弱い発散性の光束や弱い集束性の光束となることも、平行光束となることもできる。

カップリングレンズ2を透過した4ビームは、アパーチャ3により「ビーム整形」され、「共通の線像結像光学系」であるシリンドリカルレンズ4の作用により、それぞれ副走査方向に集束され、「光偏向器」であるポリゴンミラー5の偏向反射面近傍に、それが主走査方向に長い線像として、互いに副走査方向に分離して結像する。

偏向反射面により等角速度的に偏向された4ビームは「走査光学系」をなす2枚のレンズ6、7を透過し、折り曲げミラー8により光路を折り曲げられ、「被走査面」の実体をなす感光体9上に、副走査方向に分離した4つの光スポットとして集光し、被走査面の4走査線を同時に走査する。

ビームの1つは、光走査に先立ってミラー10に入射し、レンズ11により受光素子12に集光される。受光素子12の出力に基づき、4ビームの書き開始タイミングが決定される。

「走査光学系」は、光偏向器5により同時に偏向される4ビームを、被走査面9上に4つの光スポットとして集光させる光学系であって、2枚のレンズ6、7により構成される。

【0021】

図33に、この発明のマルチビーム方式の光走査装置の実施の別形態を示す。

この光走査装置は、光源としてビーム合成方式のものを用いるものである。

光源1-1、1-2は半導体レーザで、それぞれ単一の発光源を持つ。光源1-1、1-2から放射された各ビームは、カップリングレンズ2-1、2-2によりカップリングされる。カップリングされた各ビームの形態は、以後の光学系の光学特性に応じ、弱い発散性の光束や弱い集束性の光束となることも、平行光束となることもできる。

【0022】

カップリングレンズ2-1、2-2を透過した各ビームは、アパーチャ3-1、3-2により「ビーム整形」され、ビーム合成プリズム20に入射する。ビーム合成プリズム20は、反射面と偏光分離膜と1/2波長板とを有する。光源1-2からのビームは、ビーム合成プリズム20の反射面と、偏光分離膜とに反射されてビーム合成プリズム20を射出する。光源1-1からのビームは1/2波長板により偏光面を90度旋回され、偏光分離膜を透過してビーム合成プリズム20から射出する。このようにして2ビームが合成される。カップリングレンズ2-1、2-2の光軸に対する光源1-1、1-2の発光部の、位置関係の調整により、ビーム合成された2ビームは互いに副走査方向に微小角をなしている。

ビーム合成された2ビームは、「共通の線像結像光学系」であるシリンドリカルレンズ4の作用により、「光偏向器」であるポリゴンミラー5の偏向反射面近傍に、それが主走査方向に長い線像として、互いに副走査方向に分離して結像する。

【0023】

偏向反射面により等角速度的に偏向された2ビームは「走査光学系」をなす2枚のレンズ6、7を透過し、折り曲げミラー8により光路を折り曲げられ、「被走査面」の実体をなす感光体9上に、副走査方向に分離した2つの光スポットとして集光し、被走査面の2走査線を同時に光走査する。

【0024】

ビームの1つは、光走査に先立ってミラー8により反射されて、受光素子12に集光される。受光素子12の出力に基づき、2ビームの光走査の書き開始タイミングが決定される。このようにするかわりに、2つのビームを主走査方向にも

分離し、各ビームを光走査に先立って受光素子12に集光し、受光素子12の出力に基づき、2ビームの書込開始タイミングを各々個別に決定するようにしてもよい。

「走査光学系」は、光偏向器5により同時に偏向される2ビームを、被走査面9上に2つの光スポットとして集光させる光学系であって、2枚のレンズ6、7により構成される。

【0025】

【実施例】

以下、具体的な実施例を6例挙げる。

以下の各実施例において、レンズ面形状の表現は以下の式による。

「主走査断面内における非円弧形状」

主走査断面内の近軸曲率半径： R_m 、光軸からの主走査方向の距離： Y 、円錐定数： K 、高次の係数： $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, \dots$ 、光軸方向のデプス： X を用いて次の多項式(6)で表す。

$$X = (Y^2/R_m) / [1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/R_m)^2}] \\ + A_1 Y + A_2 Y^2 + A_3 Y^3 + A_4 Y^4 + A_5 Y^5 + A_6 Y^6 \dots \quad (6)$$

式(6)において、奇数次の A_1, A_3, A_5, \dots が0以外の値を持つと非円弧形状は「主走査方向に非対称形状」となる。

「副走査断面内における曲率」

副走査断面内で曲率が主走査方向（光軸位置を原点とする座標： Y で表す）に変化する場合、次の式(7)で表す。

$$C_S(Y) = \{1/R_S(0)\} \\ + B_1 Y + B_2 Y^2 + B_3 Y^3 + B_4 Y^4 + B_5 Y^5 + B_6 Y^6 + \dots \quad (7)$$

$R_S(0)$ は、「副走査断面内における光軸上($Y=0$)」における曲率半径を表す。式(7)において、 Y の奇数次係数： B_1, B_3, B_5, \dots が0以外の値を持つと、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化は非対称である。

【0026】

「副非円弧面」

副走査断面の主走査方向の位置（光軸位置を原点とする座標）： Y 、副走査方

向の座標: Zを用い、(8)で表す。

$$\begin{aligned}
 X = & (Y^2/R_m) / [1 + \sqrt{1 - (1+K)(Y/R_m)^2}] \\
 & + A_1 Y + A_2 Y^2 + A_3 Y^3 + A_4 Y^4 + A_5 Y^5 + A_6 Y^6 \dots \\
 & + (C_S \cdot Z^2) / [1 + \sqrt{1 - (1+K_S)(C_S \cdot Z)^2}] \\
 & + (F_0 + F_1 Y + F_2 Y^2 + F_3 Y^3 + F_4 Y^4 + \dots) Z \\
 & + (G_0 + G_1 Y + G_2 Y^2 + G_3 Y^3 + G_4 Y^4 + \dots) Z^2 \\
 & + (H_0 + H_1 Y + H_2 Y^2 + H_3 Y^3 + H_4 Y^4 + \dots) Z^3 \\
 & + (I_0 + I_1 Y + I_2 Y^2 + I_3 Y^3 + I_4 Y^4 + \dots) Z^4 \\
 & + (J_0 + J_1 Y + J_2 Y^2 + J_3 Y^3 + J_4 Y^4 + \dots) Z^5 \\
 & + (K_0 + K_1 Y + K_2 Y^2 + K_3 Y^3 + K_4 Y^4 + \dots) Z^6 \\
 & + (L_0 + L_1 Y + L_2 Y^2 + L_3 Y^3 + L_4 Y^4 + \dots) Z^7 \\
 & + (M_0 + M_1 Y + M_2 Y^2 + M_3 Y^3 + M_4 Y^4 + \dots) Z^8 \\
 & + (N_0 + N_1 Y + N_2 Y^2 + N_3 Y^3 + N_4 Y^4 + \dots) Z^9 \\
 & + \dots
 \end{aligned} \tag{8}$$

式(8)における「 C_S 」は、式(7)で定義された $C_S(Y)$ である。また、「 K_S 」は、次の式(9)で定義される。

$$K_S(Y) = K_S(0) + C_1 Y + C_2 Y^2 + C_3 Y^3 + C_4 Y^4 + C_5 Y^5 + \dots \tag{9}$$

式(8)において、 $F_1, F_3, F_5, \dots, G_1, G_3, G_5, \dots$ 等が0以外の値を持つと、副走査断面内の非円弧量が主走査方向に非対称となる。

すなわち、副非円弧面は「副走査断面内の形状が非円弧形状で、この非円弧形状が、主走査方向における副走査断面の位置に応じて変化する面」であるが、上記の式(8)において、右辺の第1~2行は、主走査方向の座標: Yのみの関数で「主走査断面内の形状」を表す。右辺の第3行以下は、副走査断面のY座標が決まると、Zの各次数の項の係数が一義的に決まり、座標: Yにおける「副走査断面内の非円弧形状」が定まる。なお、副非円弧面等の解析的表現は、上に挙げたものに限らず種々のものが可能であり、この発明における副非円弧面等の形状が上記式による表現に限定されるものではない。

【0027】

実施例1

最初に挙げる実施例1は、図31に即して実施の形態を説明した光走査装置に用いられる走査光学系の具体例である。光源1から被走査面に至る光学配置を図1に示す。

光源1：半導体レーザ

発光源数：1、波長：655nm

カップリングレンズ2：2群3枚構成（第2群は接合レンズ）

焦点距離：22mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：7.6mm、副走査方向開口幅：2.8mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：70mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：25mm

光源側からのビームの入射角（副走査方向に直交する面への射影状態における入射方向と走査光学系の光軸とがなす角）：60度

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

データ表記の記号につき説明すると、曲率半径を、主走査方向につき「 R_m 」、副走査方向につき「 R_S 」、屈折率を「n」、レンズの焦点距離を、主走査方向につき「 f_m 」、副走査方向につき「 f_S 」で表す。尚、以下のデータにおける「 R_m 、 R_S 」は、円弧形状以外については「近軸曲率半径」である。また、Xは面間隔、Yはシフト量（ポリゴンミラー5による偏向ビームの主光線が走査線と直交する状態を基準として、レンズ光軸の「主走査方向におけるずれ量」を言い、図1において上方を正とする）を表す。

i(面番)	R_{mi}	$R_{si}(0)$	X	Y	n	f_m	f_S
偏向反射面	0	∞	∞	45.53	0.77		
レンズ6	1	-254.44	-44.08	36.22	0	1.52716	214.376 -729.461
	2	-82.10	-63.91	53.34	0.762		
レンズ7	3	-271.24	-35.66	12.50	0	1.52716	-1.78E10 80.972
	4	-275.56	-21.78	168.62	0		

上の表記において、「E10」は、「 $\times 10^{10}$ 」を意味する。

レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を表1～表4に挙げる。なお、表2～表4の表記は表1にならっている。即ち、左の欄の数値は面番号を表し、中間の列は主走査方向の係数、右の欄は副走査方向の係数を表す。

【0028】

【表1】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	8.483×10^{-1}	B ₁	0
A ₁		0	B ₂	2.875×10^{-6}
A ₂		0	B ₃	0
A ₃		0	B ₄	-2.303×10^{-9}
A ₄		8.155×10^{-8}	B ₅	0
A ₅		0	B ₆	1.236×10^{-12}
A ₆		1.118×10^{-11}	B ₇	0
A ₇		0	B ₈	-4.502×10^{-17}
A ₈		-3.007×10^{-14}	B ₉	0
A ₉		0	B ₁₀	-2.430×10^{-19}
A ₁₀		3.396×10^{-18}	B ₁₁	0
A ₁₁		0	B ₁₂	5.516×10^{-23}

【0029】

【表2】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	-1.954×10^{-1}	B ₁	1.488×10^{-5}
A ₁		0	B ₂	5.889×10^{-7}
A ₂		0	B ₃	-1.790×10^{-9}
A ₃		0	B ₄	4.014×10^{-12}
A ₄		1.523×10^{-7}	B ₅	2.035×10^{-12}
A ₅		0	B ₆	8.080×10^{-14}
A ₆		1.118×10^{-11}	B ₇	-1.975×10^{-15}
A ₇		0	B ₈	4.152×10^{-17}
A ₈		1.934×10^{-15}	B ₉	8.914×10^{-19}
A ₉		0	B ₁₀	-2.216×10^{-20}
A ₁₀		-1.984×10^{-18}	B ₁₁	-1.434×10^{-22}
A ₁₁		0	B ₁₂	2.556×10^{-24}

【0030】

【表3】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
3	K	-5.978	B ₁	5.939×10^{-6}
	A ₁	0	B ₂	2.284×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	-3.624×10^{-10}
	A ₃	0	B ₄	9.155×10^{-11}
	A ₄	2.149×10^{-8}	B ₅	-7.399×10^{-15}
	A ₅	0	B ₆	1.161×10^{-15}
	A ₆	-1.430×10^{-12}	B ₇	1.089×10^{-18}
	A ₇	0	B ₈	-3.337×10^{-19}
	A ₈	-1.519×10^{-16}	B ₉	-6.789×10^{-22}
	A ₉	0	B ₁₀	-2.143×10^{-23}
	A ₁₀	-1.502×10^{-22}	B ₁₁	1.458×10^{-25}
	A ₁₁	0	B ₁₂	-3.776×10^{-28}
	A ₁₂	-4.996×10^{-25}	B ₁₃	1.263×10^{-29}
	A ₁₃	0	B ₁₄	3.511×10^{-31}
	A ₁₄	1.550×10^{-29}	B ₁₅	-5.135×10^{-33}
	A ₁₅	0	B ₁₆	9.063×10^{-35}
	A ₁₆	1.456×10^{-33}	B ₁₇	3.064×10^{-37}
	A ₁₇	0	B ₁₈	-4.325×10^{-39}

【0031】

【表4】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	-4.942	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	7.330×10^{-8}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	-5.385×10^{-11}
	A ₄	-7.860×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	5.086×10^{-15}
	A ₆	8.917×10^{-13}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	-7.013×10^{-19}
	A ₈	-7.188×10^{-17}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	1.434×10^{-22}
	A ₁₀	-3.287×10^{-21}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-1.122×10^{-26}
	A ₁₂	-2.836×10^{-25}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	-5.235×10^{-31}
	A ₁₄	-1.853×10^{-29}	B ₁₅	0
	A ₁₅	0	B ₁₆	8.713×10^{-35}
	A ₁₆	-1.004×10^{-33}	B ₁₇	0
	A ₁₇	0	B ₁₈	1.469×10^{-39}

【0032】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、表5に挙げる。この表5において、「C₀」とあるのは、(9)式右辺第1項の「K_S(0)」を表している。

【0033】

【表5】

4	C_0	-3.004×10^{-1}	I_0	5.323×10^{-6}	K_0	-5.157×10^{-9}
	C_1	-1.233×10^{-4}	I_1	-6.414×10^{-10}	K_1	-3.159×10^{-11}
	C_2	-1.560×10^{-6}	I_2	-4.448×10^{-11}	K_2	2.501×10^{-12}
	C_3	6.955×10^{-8}	I_3	5.560×10^{-13}	K_3	1.988×10^{-14}
	C_4	1.820×10^{-9}	I_4	-6.753×10^{-15}	K_4	-5.843×10^{-16}
	C_5	-2.397×10^{-11}	I_5	-2.613×10^{-16}	K_5	-4.901×10^{-18}
	C_6	-5.993×10^{-13}	I_6	6.533×10^{-18}	K_6	8.253×10^{-20}
	C_7	2.176×10^{-15}	I_7	2.700×10^{-20}	K_7	4.951×10^{-22}
	C_8	5.690×10^{-17}	I_8	-7.248×10^{-22}	K_8	-6.723×10^{-24}
	C_9	-5.922×10^{-20}	I_9	-8.006×10^{-25}	K_9	-1.765×10^{-26}
	C_{10}	-1.667×10^{-21}	I_{10}	2.252×10^{-26}	K_{10}	2.256×10^{-28}

【0034】

実施例1の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 1.116$$

であり条件(1)を満足する。

図4に、実施例1に関する像面湾曲(左図 実線は副走査方向、破線は主走査方向)及び、等速度特性(実線はリニアリティ、破線はfθ特性)を示す。

全走査領域：323mmに対する、像面湾曲の幅は、

副走査方向：0.009mm/323mm

主走査方向：0.104mm/323mm

であり、等速度特性は、

リニアリティ：0.207%/323mm

であり、像面湾曲・等速度特性ともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件(3)を満足する。即ち、

$$(3) \quad 0.009 \div 323 = 0.000028 < 0.005$$

図3には、中心像高の副走査方向横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向横倍率： β_h の変化を示す。

$$|\beta_h/\beta_2| = 1.000$$

であり、倍率変化は条件(2)を満足し、極めて良好に補正されている。

図2(a)には、レンズ6の射出面(第2面)の、副走査方向の曲率半径の変化、図2(b)には、レンズ7の入射面(第3面)の、副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図5には、実施例1における光スポットの各像高ごとの「スポット径の深度曲線(光スポットのデフォーカスに対するスポット形の変動)」を示す。尚、像高は±150mmを等間隔に分割した全21像高で示した。(a)は主走査方向、(b)は副走査方向に関するものである。実施例1では、ラインスプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として30μm程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例1では、走査光学系の副走査方向の共役長(ポリゴンミラーの偏向反射面から被走査面に至る距離)：316.21mmに対し、その半分の長さ以上をバック長：168.62mmとしている。

【0035】

実施例1の走査光学系は、光偏向器5により偏向されるビームを、被走査面9上に光スポットとして集光させる光学系であって、2枚のレンズ6、7により構

成され、光偏向器5側のレンズ6は副走査方向に負の屈折力を有し、被走査面9側のレンズ7は副走査方向に正の屈折力を有し、副走査断面内の形状が非円弧形状である面（第4面）を有する（請求項1）。上記第4面は、副非円弧面である（請求項2）。光偏向器5側のレンズ6は、主走査方向に正の屈折力を有し（請求項3）、中心像高の副走査方向横倍率： β_2 が条件：（1）を満足する（請求項4）。

前記副非円弧面（第4面）は、主走査断面内の形状を非円弧形状とされている（請求項5）。また、レンズ6、7は、偏向反射面近傍と被走査面9とを副走査方向に関して、幾何光学的に共役関係とする機能を有するアナモフィックな光学系であり（請求項6）、レンズ面は全て、主・副走査方向の曲率が異なる（請求項7）。また、レンズ6、7は、被走査面上の光スポットのスポット径を、光スポットにおける光強度分布のラインスプレッド関数における $1/e^2$ 強度で定義するとき、そのスポット径を主・副走査方向とも、有効書込範囲内で $50\mu m$ 以下となる結像性能を持つ（請求項8）。

レンズ6、7の4つのレンズ面のうち、副非円弧面（第4面）は、副走査断面内における非円弧形状の、円弧からのずれ量である非円弧量を、主走査方向に非対称に変化させている（請求項9）。

レンズ6、7は、その4つのレンズ面が何れも、副走査方向の曲率が主走査方向に変化し、これらのうちの第2、第3面は、副走査方向の曲率の、主走査方向の変化が非対称で、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h が条件：（2）を満足し（請求項10）、有効書込幅：W、有効書込幅における副走査像面湾曲の幅： F_S が条件：（3）を満足する（請求項11）。

更に、レンズ6、7は、4つのレンズ面のうちに、副走査方向の曲率の、主走査方向の変化が非対称であるレンズ面を少なくとも2面（第2面と第3面）有し、これらの面は、面間に空気間隔を有する（請求項12）。

したがって、図31に示した光走査装置の実施の形態において、走査光学系として実施例1のものを用いたものは、光源1からのビームを、カップリングレンズ2により以後の光学系にカップリングし、カップリングされたビームを線像結

像光学系4により、光偏向器5の偏向反射面近傍に主走査方向に長い線像として結像させ、光偏向器5により等角速度的に偏向させ、偏向ビームを走査光学系6、7により、被走査面9上に光スポットとして集光させ、被走査面9を走査するシングルビーム方式の光走査装置であって、走査光学系6、7として、請求項1～12の任意の1に記載の走査光学系を用いたものである（請求項14）。

【0036】

以下に挙げる実施例2～6は、図32に即して実施の形態を説明した、光走査装置に用いられる走査光学系の具体的な実施例である。

実施例2

光源1Aから被走査面9に至る光学配置を図6に示す。

光源1A：半導体レーザアレイ

発光源数：4、発光源間隔：14μm、波長：780nm

カップリングレンズ2：2群3枚構成（第2群は接合レンズ）

焦点距離：22mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：9.0mm、副走査方向開口幅：7.6mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：126.18mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：25mm

光源側からのビームの入射角：60度

走査方法：1200dpi、5次飛び越し走査

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

i(面番)	R _{mi}	R _{si} (0)	X	Y	n	f _m	f _s
偏向反射面0	∞	∞	60.13	0.111			
レンズ6	1	-341.10	-51.33	33.02	0	1.52398	183.434 -1290.62
	2	-77.86	-79.45	37.33	0		
レンズ7	3	-119.74	80.00	10.00	0	1.52398	-462.606 77.179
	4	-149.50	-79.22	175.72	0		

各レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を、前記表1～表4に倣って、表6～表9に挙げる。

【0037】

【表6】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
1	K	14.050	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-1.447 × 10 ⁻⁵
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	1.539 × 10 ⁻⁹
	A ₄	-1.959 × 10 ⁻⁸	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-4.735 × 10 ⁻¹³
	A ₆	3.964 × 10 ⁻¹²	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	6.713 × 10 ⁻¹⁸
	A ₈	-3.545 × 10 ⁻¹⁶	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	1.386 × 10 ⁻²¹
A ₁₀	5.661 × 10 ⁻²⁴	B ₁₁		0

【0038】

【表7】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
2	K	-4.668 × 10 ⁻¹	B ₁	1.523 × 10 ⁻⁵
	A ₁	0	B ₂	-3.328 × 10 ⁻⁶
	A ₂	0	B ₃	-6.280 × 10 ⁻¹⁰
	A ₃	0	B ₄	-5.229 × 10 ⁻¹⁰
	A ₄	8.408 × 10 ⁻⁸	B ₅	2.725 × 10 ⁻¹⁴
	A ₅	0	B ₆	-1.260 × 10 ⁻¹³
	A ₆	5.650 × 10 ⁻¹²	B ₇	2.714 × 10 ⁻¹⁶
	A ₇	0	B ₈	-2.429 × 10 ⁻¹⁷
	A ₈	4.314 × 10 ⁻¹⁶	B ₉	-3.522 × 10 ⁻²⁰
	A ₉	0	B ₁₀	7.619 × 10 ⁻²⁵
A ₁₀	1.590 × 10 ⁻¹⁹	B ₁₁		0

【0039】

【表8】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
3	K	-8.016×10^{-1}	B ₁	8.168×10^{-6}
	A ₁	0	B ₂	4.449×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	-5.447×10^{-10}
	A ₃	0	B ₄	-4.074×10^{-10}
	A ₄	1.328×10^{-8}	B ₅	5.669×10^{-14}
	A ₅	0	B ₆	-9.141×10^{-15}
	A ₆	8.605×10^{-13}	B ₇	1.397×10^{-17}
	A ₇	0	B ₈	-3.063×10^{-19}
	A ₈	1.112×10^{-16}	B ₉	-1.780×10^{-21}
	A ₉	0	B ₁₀	1.438×10^{-22}
	A ₁₀	1.435×10^{-21}	B ₁₁	9.232×10^{-27}
	A ₁₁	0	B ₁₂	1.037×10^{-31}
	A ₁₂	3.796×10^{-25}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	0
	A ₁₄	-5.606×10^{-30}	B ₁₅	0

【0040】

【表9】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	6.596×10^{-1}	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	3.155×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	-3.731×10^{-10}
	A ₄	-7.137×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	1.288×10^{-14}
	A ₆	1.665×10^{-12}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	-1.711×10^{-18}
	A ₈	-1.702×10^{-16}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	1.256×10^{-23}
	A ₁₀	-3.756×10^{-21}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-7.893×10^{-29}
	A ₁₂	1.587×10^{-25}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	0
	A ₁₄	-4.044×10^{-29}	B ₁₅	0

【0041】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、前記表5に倣って、表

10に挙げる。

【0042】

【表10】

4	C_0	-6.158	I_0	5.318×10^{-7}	K_0	-2.494×10^{-8}
C_1	-1.379×10^{-2}	I_1	-2.446×10^{-9}	K_1	2.319×10^{-12}	
C_2	-3.390×10^{-3}	I_2	9.287×10^{-10}	K_2	-5.793×10^{-12}	
C_3	-6.937×10^{-6}	I_3	-2.431×10^{-12}	K_3	4.868×10^{-14}	
C_4	-1.622×10^{-6}	I_4	-3.692×10^{-13}	K_4	1.697×10^{-14}	
C_5	-3.900×10^{-8}	I_5	3.497×10^{-15}	K_5	-5.245×10^{-17}	
C_6	1.875×10^{-9}	I_6	3.166×10^{-16}	K_6	-1.425×10^{-17}	
C_7	3.672×10^{-11}	I_7	-1.130×10^{-18}	K_7	1.986×10^{-20}	
C_8	-1.705×10^{-12}	I_8	-1.331×10^{-19}	K_8	5.647×10^{-21}	
C_9	-1.296×10^{-14}	I_9	1.332×10^{-22}	K_9	-3.362×10^{-24}	
C_{10}	5.489×10^{-16}	I_{10}	2.686×10^{-23}	K_{10}	-1.125×10^{-24}	
C_{11}	1.897×10^{-18}	I_{11}	-3.281×10^{-27}	K_{11}	2.461×10^{-28}	
C_{12}	-7.056×10^{-20}	I_{12}	-2.665×10^{-27}	K_{12}	1.099×10^{-28}	
C_{13}	-9.738×10^{-23}	I_{13}	-2.550×10^{-31}	K_{13}	-5.467×10^{-33}	
C_{14}	3.186×10^{-24}	I_{14}	1.046×10^{-31}	K_{14}	-4.194×10^{-33}	

【0043】

実施例2の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 1.320$$

であり条件(1)を満足する。

図9に、実施例2の発光源c h 1（最外発光部）に関する像面湾曲、等速度特性を示す。図の表現は、図4に倣う。以下の他の実施例でも同様である。

全走査領域：323mmに対する、像面湾曲の幅は、

副走査方向：0.098mm/323mm

主走査方向：1.340mm/323mm

であり、等速度特性は、

リニアリティ：0.050%/323mm

であり、像面湾曲・等速度特性ともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件（3）を満足する。即ち、

$$(3) \quad 0.098 \div 323 = 0.000303 < 0.005$$

図8には、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す。

$$|\beta_h/\beta_2| = 1.000$$

であり、倍率変化は条件（2）を満足し、極めて良好に補正されている。

図7（a）には、レンズ6の射出面（第2面）の副走査方向の曲率半径の変化、図7（b）にはレンズ7の入射面（第3面）の副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図10は、実施例2における発光源c h 1の、光スポットの各像高ごとの「スポット径の深度曲線」を示す。像高は±150mmを等間隔に分割した全21像高で示した。（a）は主走査方向、（b）は副走査方向に関するものである。

実施例2では、ラインスプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として $30\mu m$ 程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例2では、走査光学系の副走査方向の共役長：316.20mmに対し、その半分の長さ以上をバック長：175.72mmとしている。

【0044】

実施例3

光源1Aから被走査面9に至る光学配置を図11に示す。

光源1A：半導体レーザアレイ

発光源数：4、発光源間隔： $14\text{ }\mu\text{m}$ 、波長：780 nm

カップリングレンズ2：単レンズ構成

焦点距離：27 mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：9.0 mm、副走査方向開口幅：1.9 mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：58.69 mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：20 mm

光源側からのビームの入射角：60度

走査方法：1200 dpi、隣接走査

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

i (面番)	R_{mi}	$R_{si}(0)$	X	Y	n	f_m	f_s
偏向反射面 0	∞	∞	55.84	0.225			
レンズ6 1	-309.83	-42.49	30.94	0	1.52398	200.207	-81.794
	-81.44	-3654.71	69.52	0.227			
レンズ7 3	-129.99	119.29	10.71	0	1.52398	-2093.66	69.037
	-151.53	-50.75	149.20	0			

各レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を表11～表14に挙げる。

【0045】

【表11】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	4.151	B ₁	0
1	A ₁	0	B ₂	-1.752 × 10 ⁻⁵
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	-4.463 × 10 ⁻⁹
	A ₄	-9.907 × 10 ⁻⁹	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	7.221 × 10 ⁻¹³
	A ₆	3.315 × 10 ⁻¹²	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	-9.163 × 10 ⁻¹⁸
	A ₈	-2.119 × 10 ⁻¹⁷	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	2.357 × 10 ⁻²⁰
	A ₁₀	1.332 × 10 ⁻²⁰	B ₁₁	0

【0046】

【表12】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	-6.992 × 10 ⁻¹	B ₁	1.735 × 10 ⁻⁵
2	A ₁	0	B ₂	-1.250 × 10 ⁻⁶
	A ₂	0	B ₃	1.141 × 10 ⁻¹⁰
	A ₃	0	B ₄	-2.423 × 10 ⁻⁹
	A ₄	-4.763 × 10 ⁻⁸	B ₅	6.998 × 10 ⁻¹³
	A ₅	0	B ₆	-2.557 × 10 ⁻¹⁴
	A ₆	-3.446 × 10 ⁻¹²	B ₇	-4.699 × 10 ⁻¹⁶
	A ₇	0	B ₈	-1.383 × 10 ⁻¹⁶
	A ₈	1.729 × 10 ⁻¹⁵	B ₉	1.227 × 10 ⁻¹⁹
	A ₉	0	B ₁₀	2.812 × 10 ⁻²⁰
	A ₁₀	2.698 × 10 ⁻²⁰	B ₁₁	0

【0047】

【表13】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
3	K	-9.740×10^{-1}	B ₁	2.764×10^{-6}
	A ₁	0	B ₂	2.283×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	1.729×10^{-11}
	A ₃	0	B ₄	-2.528×10^{-10}
	A ₄	-4.422×10^{-8}	B ₅	-6.030×10^{-14}
	A ₅	0	B ₆	-7.846×10^{-15}
	A ₆	7.758×10^{-13}	B ₇	3.024×10^{-17}
	A ₇	0	B ₈	-1.882×10^{-19}
	A ₈	1.066×10^{-16}	B ₉	-6.466×10^{-21}
	A ₉	0	B ₁₀	9.925×10^{-23}
	A ₁₀	1.248×10^{-20}	B ₁₁	6.647×10^{-25}
	A ₁₁	0	B ₁₂	-9.070×10^{-27}
	A ₁₂	7.019×10^{-25}	B ₁₃	-2.589×10^{-29}
	A ₁₃	0	B ₁₄	3.261×10^{-31}
	A ₁₄	-7.044×10^{-29}	B ₁₅	0

【0048】

【表14】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	1.212×10^{-1}	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	1.476×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	-2.095×10^{-10}
	A ₄	-6.500×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-4.770×10^{-15}
	A ₆	1.061×10^{-12}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	7.381×10^{-20}
	A ₈	-1.725×10^{-16}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	-4.739×10^{-24}
	A ₁₀	1.004×10^{-20}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-4.706×10^{-27}
	A ₁₂	-1.004×10^{-25}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	1.073×10^{-31}
	A ₁₄	3.753×10^{-29}	B ₁₅	0

【0049】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、表15に挙げる。

【0050】

【表15】

4	C_0	-7.256×10^{-1}	I_0	1.034×10^{-6}	K_0	1.988×10^{-10}
	C_1	-2.340×10^{-3}	I_1	1.586×10^{-9}	K_1	-1.518×10^{-10}
	C_2	-3.996×10^{-5}	I_2	4.333×10^{-11}	K_2	8.414×10^{-12}
	C_3	-2.734×10^{-6}	I_3	1.181×10^{-12}	K_3	-1.136×10^{-13}
	C_4	2.895×10^{-7}	I_4	-1.160×10^{-13}	K_4	8.051×10^{-15}
	C_5	4.709×10^{-9}	I_5	-2.455×10^{-15}	K_5	2.852×10^{-16}
	C_6	-2.764×10^{-10}	I_6	1.208×10^{-16}	K_6	-1.096×10^{-17}
	C_7	-2.204×10^{-12}	I_7	1.113×10^{-18}	K_7	-1.576×10^{-19}
	C_8	1.077×10^{-13}	I_8	-4.926×10^{-20}	K_8	4.653×10^{-21}
	C_9	4.557×10^{-16}	I_9	-2.163×10^{-22}	K_9	4.037×10^{-23}
	C_{10}	-2.004×10^{-17}	I_{10}	9.416×10^{-24}	K_{10}	-9.619×10^{-25}
	C_{11}	-4.392×10^{-20}	I_{11}	1.929×10^{-26}	K_{11}	-5.451×10^{-27}
	C_{12}	1.790×10^{-21}	I_{12}	-8.632×10^{-28}	K_{12}	1.027×10^{-28}
	C_{13}	1.616×10^{-24}	I_{13}	-6.515×10^{-31}	K_{13}	3.782×10^{-31}
	C_{14}	-6.192×10^{-26}	I_{14}	3.059×10^{-32}	K_{14}	-5.255×10^{-33}
	C_{15}	0	I_{15}	0	K_{15}	-1.068×10^{-35}
	C_{16}	0	I_{16}	0	K_{16}	9.556×10^{-38}

【0051】

実施例3の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 0.704$$

であり条件(1)を満足する。

図14に、実施例3の発光源ch1に関する像面湾曲、等速度特性を示す。

全走査領域：323mmに対する、像面湾曲の幅は、
 副走査方向：0.065mm/323mm
 主走査方向：0.105mm/323mm
 であり、等速度特性は、

リニアリティ：0.088%/323mm
 であり、像面湾曲・等速度特性ともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件(3)を満足する。即ち、
 $(3) \quad 0.065 \div 323 = 0.000201 < 0.005$

図13は、実施例3における発光源ch1の、光スポットの中心像高の副走査方向横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向横倍率： β_h の変化を示す。

$$0.998 \leq |\beta_h/\beta_2| \leq 1.000$$

であり、倍率変化は条件(2)を満足し、極めて良好に補正されている。

図12(a)は、レンズ6の射出面(第2面)の、副走査方向の曲率半径の変化、図12(b)は、レンズ7の入射面(第3面)の、副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図15は、実施例3における発光源ch1の光スポットの、各像高ごとの「スポット径の深度曲線」を示す。像高は±150mmを等間隔に分割した全21像高で示した。(a)は主走査方向、(b)は副走査方向に関するものである。

実施例3では、ライ恩スプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として30μm程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例3では、走査光学系の副走査方向の共役長：316.21mmに対し、その半分の長さ以上をバック長：149.20mmとしている。

【0052】

実施例4

光源1Aから被走査面9に至る光学配置を図16に示す。

光源1A：半導体レーザアレイ

発光源数：4、発光源間隔：30μm、波長：655nm

カップリングレンズ2：2群3枚構成（第2群は接合レンズ）

焦点距離：22mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：7.3mm、副走査方向開口幅：2.7mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：70.00mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：25mm

光源側からのビームの入射角：60度

走査方法：1200dpi、5次飛び越し走査

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

i(面番)	R _{mi}	R _{si(0)}	X	Y	n	f _m	f _s
偏向反射面 0	∞	∞	45.64	0.107			
レンズ6 1	-267.64	-67.47	37.99	0	1.52716	220.645	-645.213
	-85.05	-100.52	55.54	0			
レンズ7 3	-177.01	-93.15	13.57	0	1.52716	2259.23	78.124
	-158.18	-29.99	163.48	0			

各レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を表16～表19に挙げる。

【0053】

【表16】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
1	K	4.428×10^{-1}	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	3.098×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	1.176×10^{-9}
	A ₄	6.063×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-1.802×10^{-12}
	A ₆	9.481×10^{-12}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	9.414×10^{-17}
	A ₈	-2.945×10^{-14}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	1.950×10^{-19}
	A ₁₀	2.996×10^{-18}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-4.977×10^{-23}

【0054】

【表17】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
2	K	-2.222×10^{-1}	B ₁	1.355×10^{-5}
	A ₁	0	B ₂	3.433×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	-9.393×10^{-10}
	A ₃	0	B ₄	4.292×10^{-10}
	A ₄	1.596×10^{-7}	B ₅	9.002×10^{-13}
	A ₅	0	B ₆	-1.897×10^{-13}
	A ₆	3.575×10^{-12}	B ₇	5.383×10^{-17}
	A ₇	0	B ₈	1.260×10^{-17}
	A ₈	2.401×10^{-15}	B ₉	-3.246×10^{-19}
	A ₉	0	B ₁₀	2.901×10^{-21}
	A ₁₀	-1.876×10^{-18}	B ₁₁	7.313×10^{-23}
	A ₁₁	0	B ₁₂	-1.801×10^{-24}

【0055】

【表18】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
3	K	-10.338	B ₁	4.913×10^{-6}
	A ₁	0	B ₂	3.559×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	-2.289×10^{-10}
	A ₃	0	B ₄	-2.230×10^{-11}
	A ₄	2.281×10^{-8}	B ₅	-1.335×10^{-14}
	A ₅	0	B ₆	-2.025×10^{-15}
	A ₆	-1.265×10^{-12}	B ₇	-7.151×10^{-19}
	A ₇	0	B ₈	1.010×10^{-19}
	A ₈	-1.414×10^{-16}	B ₉	2.697×10^{-22}
	A ₉	0	B ₁₀	-4.387×10^{-24}
	A ₁₀	3.525×10^{-22}	B ₁₁	1.186×10^{-26}
	A ₁₁	0	B ₁₂	-3.566×10^{-29}
	A ₁₂	-4.813×10^{-25}	B ₁₃	-4.909×10^{-30}
	A ₁₃	0	B ₁₄	8.158×10^{-32}
	A ₁₄	8.939×10^{-30}	B ₁₅	-6.431×10^{-34}
	A ₁₅	0	B ₁₆	8.394×10^{-36}
	A ₁₆	2.822×10^{-33}	B ₁₇	1.101×10^{-37}
	A ₁₇	0	B ₁₈	-1.658×10^{-39}

【0056】

【表19】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	-6.806	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-4.444 × 10 ⁻⁷
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	1.762 × 10 ⁻¹¹
	A ₄	-9.182 × 10 ⁻⁸	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-4.734 × 10 ⁻¹⁵
	A ₆	9.733 × 10 ⁻¹³	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	-1.365 × 10 ⁻¹⁹
	A ₈	-1.769 × 10 ⁻¹⁷	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	6.551 × 10 ⁻²⁴
	A ₁₀	-4.377 × 10 ⁻²¹	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	8.161 × 10 ⁻²⁸
	A ₁₂	-4.279 × 10 ⁻²⁵	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	2.457 × 10 ⁻³²
	A ₁₄	-1.669 × 10 ⁻²⁹	B ₁₅	0
	A ₁₅	0	B ₁₆	-9.234 × 10 ⁻³⁶
	A ₁₆	4.860 × 10 ⁻³⁶	B ₁₇	0
	A ₁₇	0	B ₁₈	-7.820 × 10 ⁻⁴⁰

【0057】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、表20に挙げる。

【0058】

【表20】

4	C_0	3.179×10^{-1}	I_0	5.539×10^{-6}	K_0	1.068×10^{-8}
	C_1	1.666×10^{-4}	I_1	1.647×10^{-10}	K_1	-2.423×10^{-11}
	C_2	3.502×10^{-5}	I_2	-1.724×10^{-10}	K_2	1.252×10^{-11}
	C_3	-1.036×10^{-8}	I_3	-1.323×10^{-12}	K_3	1.492×10^{-13}
	C_4	-7.825×10^{-8}	I_4	4.099×10^{-13}	K_4	-2.065×10^{-14}
	C_5	3.906×10^{-11}	I_5	3.076×10^{-15}	K_5	-1.727×10^{-16}
	C_6	4.223×10^{-11}	I_6	-2.408×10^{-16}	K_6	1.074×10^{-17}
	C_7	-3.443×10^{-14}	I_7	-1.990×10^{-18}	K_7	8.401×10^{-20}
	C_8	-9.989×10^{-15}	I_8	6.833×10^{-20}	K_8	-2.381×10^{-21}
	C_9	1.421×10^{-17}	I_9	5.619×10^{-22}	K_9	-1.941×10^{-23}
	C_{10}	1.016×10^{-18}	I_{10}	-1.049×10^{-23}	K_{10}	2.228×10^{-25}
	C_{11}	-2.583×10^{-21}	I_{11}	-7.249×10^{-26}	K_{11}	2.100×10^{-27}
	C_{12}	-2.502×10^{-23}	I_{12}	8.767×10^{-28}	K_{12}	-4.727×10^{-30}
	C_{13}	1.643×10^{-25}	I_{13}	3.504×10^{-30}	K_{13}	-8.558×10^{-32}
	C_{14}	-1.441×10^{-27}	I_{14}	-3.216×10^{-32}	K_{14}	-2.798×10^{-34}

【0059】

実施例4の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 1.116$$

であり条件(1)を満足する。

図19に、実施例4の発光源ch1に関する像面湾曲、等速度特性を示す。

全走査領域：32.3 mmに対する、像面湾曲の幅は、

副走査方向: 0. 092 mm / 323 mm

主走査方向: 0. 334 mm / 323 mm

であり、等速度特性は、

リニアリティ: 0. 317 % / 323 mm

であり、像面湾曲・等速度特性とともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件(3)を満足する。即ち、

$$(3) \quad 0.092 \div 323 = 0.000285 < 0.005$$

図18は、実施例4における発光源ch1の光スポットの、中心像高の副走査方向横倍率: β_2 に対する、任意像高の副走査方向横倍率: β_h の変化を示す。

$$|\beta_h/\beta_2| = 1.000$$

であり、倍率変化は条件(2)を満足し、極めて良好に補正されている。

図17(a)は、レンズ6の射出面(第2面)の、副走査方向の曲率半径の変化、図17(b)は、レンズ7の入射面(第3面)の、副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図20に、実施例4における発光源ch1の光スポットの、各像高ごとの「スポット径の深度曲線」を示す。像高は±150 mmを等間隔に分割した全21像高で示した。(a)は主走査方向、(b)は副走査方向に関するものである。

実施例4では、ライムスプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として30 μm程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例4では、走査光学系の副走査方向の共役長: 316.22 mmに対し、その半分の長さ以上をバック長: 163.48 mmとしている。

【0060】

実施例5

光源1Aから被走査面9に至る光学配置を図21に示す。

光源1A: 半導体レーザアレイ

発光源数: 4、発光源間隔: 24 μm、波長: 655 nm

カップリングレンズ2: 2群3枚構成(第2群は接合レンズ)

焦点距離：22mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：7.3mm、副走査方向開口幅：3.6mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：70.00mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：25mm

光源側からのビームの入射角：60度

走査方法：1200dpi、5次飛び越し走査

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

i(面番)	R _{mi}	R _{si} (0)	X	Y	n	f _m	f _s
偏向反射面	0	∞	∞	43.58	0.144		
レンズ6	1	-244.39	-35.00	40.40	0	1.52716	220.860
	2	-83.36	-77.53	30.00	0.137		
レンズ7	3	-208.08	-104.52	15.00	0	1.52716	2281.08
	4	-181.80	-29.92	187.23	0		74.349

各レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を表21～表24に挙げる。

【0061】

【表21】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
1	K	2.888	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-1.574×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	0
	A ₄	7.640×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	0
	A ₆	1.221×10^{-11}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	0
	A ₈	-3.300×10^{-14}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	0
A ₁₀		2.790×10^{-18}	B ₁₁	0

【0062】

【表22】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	-2.576×10^{-1}	B ₁	2.739×10^{-5}
2	A ₁	0	B ₂	1.968×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	-1.477×10^{-9}
	A ₃	0	B ₄	-1.677×10^{-11}
	A ₄	2.118×10^{-7}	B ₅	2.400×10^{-13}
	A ₅	0	B ₆	5.124×10^{-14}
	A ₆	9.387×10^{-12}	B ₇	-1.768×10^{-16}
	A ₇	0	B ₈	-6.908×10^{-18}
	A ₈	1.787×10^{-15}	B ₉	9.657×10^{-20}
	A ₉	0	B ₁₀	-5.878×10^{-21}
	A ₁₀	-1.778×10^{-18}	B ₁₁	-8.782×10^{-24}
	A ₁₁	0	B ₁₂	1.345×10^{-24}

【0063】

【表23】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
	K	-5.961	B ₁	1.397×10^{-5}
3	A ₁	0	B ₂	2.751×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	-1.574×10^{-9}
	A ₃	0	B ₄	3.243×10^{-11}
	A ₄	1.921×10^{-8}	B ₅	5.638×10^{-14}
	A ₅	0	B ₆	-2.982×10^{-16}
	A ₆	-1.580×10^{-12}	B ₇	1.037×10^{-17}
	A ₇	0	B ₈	-9.628×10^{-20}
	A ₈	-1.745×10^{-16}	B ₉	-1.158×10^{-21}
	A ₉	0	B ₁₀	1.838×10^{-23}
	A ₁₀	-2.514×10^{-21}	B ₁₁	-1.312×10^{-25}
	A ₁₁	0	B ₁₂	2.929×10^{-27}
	A ₁₂	-5.947×10^{-25}	B ₁₃	1.842×10^{-29}
	A ₁₃	0	B ₁₄	-1.657×10^{-32}
	A ₁₄	3.117×10^{-29}	B ₁₅	3.668×10^{-33}
	A ₁₅	0	B ₁₆	-1.897×10^{-35}
	A ₁₆	8.070×10^{-33}	B ₁₇	-4.876×10^{-37}
	A ₁₇	0	B ₁₈	-1.139×10^{-39}

【0064】

【表24】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	-6.895×10^{-1}	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-3.580×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	-6.006×10^{-11}
	A ₄	-8.875×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-5.483×10^{-16}
	A ₆	2.906×10^{-13}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	2.966×10^{-19}
	A ₈	-7.094×10^{-17}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	1.197×10^{-23}
	A ₁₀	-1.267×10^{-21}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-6.555×10^{-28}
	A ₁₂	-1.421×10^{-25}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	-1.312×10^{-32}
	A ₁₄	-2.882×10^{-29}	B ₁₅	0
	A ₁₅	0	B ₁₆	1.106×10^{-35}
	A ₁₆	-5.970×10^{-33}	B ₁₇	0
	A ₁₇	0	B ₁₈	-3.362×10^{-39}

【0065】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、表25に挙げる。

【0066】

【表25】

4	C_0	-2.668×10^{-1}	I_0	2.896×10^{-6}	K_0	-9.272×10^{-9}
	C_1	-6.042×10^{-4}	I_1	-2.981×10^{-9}	K_1	-1.151×10^{-11}
	C_2	3.228×10^{-5}	I_2	-4.408×10^{-10}	K_2	2.914×10^{-11}
	C_3	4.791×10^{-7}	I_3	2.186×10^{-12}	K_3	1.851×10^{-14}
	C_4	-1.356×10^{-8}	I_4	1.894×10^{-13}	K_4	-1.147×10^{-14}
	C_5	-7.388×10^{-11}	I_5	-2.857×10^{-16}	K_5	-4.651×10^{-18}
	C_6	1.198×10^{-12}	I_6	-2.421×10^{-17}	K_6	1.553×10^{-18}
	C_7	3.208×10^{-15}	I_7	1.069×10^{-20}	K_7	3.213×10^{-22}
	C_8	-2.300×10^{-17}	I_8	1.012×10^{-21}	K_8	-6.971×10^{-23}

【0067】

実施例5の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 1.383$$

であり条件(1)を満足する。

図24に、実施例5の発光源ch1に関する像面湾曲、等速度特性を示す。

全走査領域：323mmに対する、像面湾曲の幅は、

副走査方向: 0. 093 mm / 323 mm

主走査方向: 0. 133 mm / 323 mm

であり、等速度特性は、

リニアリティ: 0. 218 % / 323 mm

であり、像面湾曲・等速度特性とともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件(3)を満足する。即ち、

$$(3) \quad 0.093 \div 323 = 0.000288 < 0.005$$

図23には、実施例5における発光源ch1の光スポットの、中心像高の副走査方向の横倍率: β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率: β_h の変化を示す。 $|\beta_h/\beta_2| = 1.000$

であり、倍率変化は条件(2)を満足し、極めて良好に補正されている。

図22(a)には、レンズ6の射出面(第2面)の、副走査方向の曲率半径の変化、図22(b)にはレンズ7の入射面(第3面)の、副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図25に、実施例5における発光源ch1の光スポットの、各像高ごとの「スポット径の深度曲線」を示す。像高は±150 mmを等間隔に分割した全19像高で示した。(a)は主走査方向、(b)は副走査方向に関するものである。実施例5では、ライインスプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として $30 \mu m$ 程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例5では、走査光学系の副走査方向の共役長: 316.21 mmに対し、その半分の長さ以上をバック長: 187.23 mmとしている。

【0068】

実施例6

光源1Aから被走査面9に至る光学配置を図21に示す。

光源1A: 半導体レーザアレイ

発光源数: 4、発光源間隔: $14 \mu m$ 、波長: $780 nm$

カップリングレンズ2: 単レンズ構成

焦点距離：27mm、カップリング作用：コリメート作用

アパーチャ3：開口形状：矩形

主走査方向開口幅：9.0mm、副走査方向開口幅：1.6mm

シリンドリカルレンズ4

副走査方向の焦点距離：58.69mm

ポリゴンミラー5

偏向反射面数：5、内接円半径：20mm

光源側からのビームの入射角：60度

走査方法：1200dpi、隣接走査

「ポリゴンミラーと被走査面との間にある光学系のデータ」

i(面番)	R _{mi}	R _{si(0)}	X	Y	n	f _m	f _s
偏向反射面 0	∞	∞	72.56	0.406			
レンズ6 1	1616.43	-50.14	35.00	0	1.52398	254.832	-126.992
	2	-146.51	-199.81	61.93	0.403		
レンズ7 3	400.87	-72.03	14.00	0	1.52398	1462.726	76.504
	4	824.88	-27.59	158.52	0		

各レンズ面の主走査方向と副走査方向の係数を表26～表29に挙げる。

【0069】

【表26】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
1	K	$1.976 \times 10^{+2}$	B ₁	-1.162×10^{-5}
	A ₁	0	B ₂	2.276×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	2.714×10^{-9}
	A ₃	0	B ₄	-1.544×10^{-10}
	A ₄	1.281×10^{-8}	B ₅	-4.265×10^{-13}
	A ₅	0	B ₆	6.417×10^{-15}
	A ₆	-6.374×10^{-13}	B ₇	9.179×10^{-19}
	A ₇	0	B ₈	-1.230×10^{-19}
	A ₈	-9.428×10^{-17}	B ₉	1.453×10^{-20}
	A ₉	0	B ₁₀	-1.881×10^{-22}
	A ₁₀	5.965×10^{-21}	B ₁₁	-1.468×10^{-24}
	A ₁₁	0	B ₁₂	-2.670×10^{-26}

【0070】

【表27】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
2	K	-1.857×10^{-1}	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-2.125×10^{-6}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	1.805×10^{-11}
	A ₄	1.774×10^{-8}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	2.716×10^{-14}
	A ₆	1.384×10^{-13}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	6.924×10^{-19}
	A ₈	-4.354×10^{-17}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	-2.685×10^{-22}
	A ₁₀	7.168×10^{-21}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-5.778×10^{-26}

【0071】

【表28】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
3	K	-12.60	B ₁	0
	A ₁	0	B ₂	-1.962×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	0
	A ₃	0	B ₄	2.230×10^{-11}
	A ₄	-7.349×10^{-9}	B ₅	0
	A ₅	0	B ₆	-1.022×10^{-15}
	A ₆	-2.106×10^{-13}	B ₇	0
	A ₇	0	B ₈	1.081×10^{-20}
	A ₈	8.173×10^{-18}	B ₉	0
	A ₉	0	B ₁₀	6.363×10^{-25}
	A ₁₀	5.409×10^{-22}	B ₁₁	0
	A ₁₁	0	B ₁₂	-3.645×10^{-29}
	A ₁₂	-1.082×10^{-26}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	0
	A ₁₄	-2.039×10^{-32}	B ₁₅	0

【0072】

【表29】

面番号	主走査方向係数		副走査方向係数	
4	K	-71.068	B ₁	-8.546×10^{-7}
	A ₁	0	B ₂	4.161×10^{-7}
	A ₂	0	B ₃	-2.523×10^{-11}
	A ₃	0	B ₄	-2.960×10^{-11}
	A ₄	-1.324×10^{-8}	B ₅	2.114×10^{-16}
	A ₅	0	B ₆	1.160×10^{-15}
	A ₆	9.662×10^{-14}	B ₇	4.372×10^{-22}
	A ₇	0	B ₈	-1.098×10^{-21}
	A ₈	1.888×10^{-17}	B ₉	5.560×10^{-24}
	A ₉	0	B ₁₀	-7.785×10^{-25}
	A ₁₀	-3.102×10^{-22}	B ₁₁	-1.617×10^{-29}
	A ₁₁	0	B ₁₂	3.262×10^{-30}
	A ₁₂	7.298×10^{-27}	B ₁₃	0
	A ₁₃	0	B ₁₄	0
	A ₁₄	2.305×10^{-32}	B ₁₅	0

【0073】

レンズ7の射出面（第4面）の、副走査方向の係数を、表30に挙げる。

【0074】

【表30】

4	C_0	-3.940×10^{-1}	I_0	2.869×10^{-6}	K_0	-1.526×10^{-9}
	C_1	1.796×10^{-4}	I_1	4.012×10^{-11}	K_1	-3.101×10^{-11}
	C_2	2.425×10^{-6}	I_2	1.690×10^{-11}	K_2	-8.903×10^{-12}
	C_3	4.438×10^{-8}	I_3	3.572×10^{-14}	K_3	5.017×10^{-14}
	C_4	4.584×10^{-10}	I_4	-8.742×10^{-15}	K_4	3.241×10^{-15}
	C_5	-2.438×10^{-12}	I_5	1.964×10^{-18}	K_5	-7.703×10^{-18}
	C_6	-3.396×10^{-14}	I_6	8.603×10^{-19}	K_6	-4.104×10^{-19}
	C_7	4.132×10^{-17}	I_7	6.160×10^{-23}	K_7	5.118×10^{-22}
	C_8	6.805×10^{-19}	I_8	-3.347×10^{-23}	K_8	2.368×10^{-23}
	C_9	0	I_9	-3.693×10^{-28}	K_9	-1.550×10^{-26}
	C_{10}	0	I_{10}	4.53553×10^{-28}	K_{10}	-6.371×10^{-28}
	C_{11}	0	I_{11}	0	K_{11}	1.748×10^{-31}
	C_{12}	0	I_{12}	0	K_{12}	6.503×10^{-33}

【0075】

実施例6の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 は

$$\beta_2 = 0.704$$

であり条件(1)を満足する。

図29に、実施例6の発光源ch1に関する像面湾曲、等速度特性を示す。

全走査領域：323mmに対する、像面湾曲の幅は、

副走査方向: 0. 103 mm / 323 mm

主走査方向: 0. 132 mm / 323 mm

であり、等速度特性は、

リニアリティ: 0. 104 % / 323 mm

であり、像面湾曲・等速度特性ともに極めて良好に補正されている。

副走査像面湾曲は条件(3)を満足する。即ち、

$$(3) \quad 0.103 \div 323 = 0.000319 < 0.005$$

図28には、実施例6における発光源ch1の、光スポットの中心像高の、副走査方向の横倍率: β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率: β_h の変化を示す。

$$0.998 \leq |\beta_h/\beta_2| \leq 1.000$$

であり、倍率変化は条件(2)を満足し、極めて良好に補正されている。

図27(a)には、レンズ6の入射面(第1面)の、副走査方向の曲率半径の変化、図27(b)には、レンズ7の射出面(第4面)の、副走査方向の曲率半径の変化を示す。これらの面は「副走査曲率が主走査方向に非対称に変化する面」である。

図30には、実施例6における発光源ch1の光スポットの、各像高ごとの「スポット径の深度曲線」を示す。像高は±150 mmを等間隔に分割した全21像高で示した。(a)は主走査方向、(b)は副走査方向に関するものである。

実施例6では、ライ恩スプレッド関数の $1/e^2$ 強度で定義されるスポット径として30 μm程度を意図している。図に示されているように、主・副走査方向とも良好な深度を有しており、被走査面の位置精度に対する許容度が高い。

実施例6では、走査光学系の副走査方向の共役長: 342.01 mmに対し、その半分の長さ以上をバック長: 158.52 mmとしている。

【0076】

上記実施例2～6の走査光学系は、光偏向器5により偏向されるビームを被走査面9上に光スポットとして集光させる光学系であって、2枚のレンズ6、7により構成され、光偏向器5側のレンズ6は、副走査方向に負の屈折力を有し、被走査面9側のレンズ7は、副走査方向に正の屈折力を有し、2枚のレンズ6、7

のレンズ面のうち、少なくとも1つのレンズ面（第4面）は、副走査断面内の形状が非円弧形状である（請求項1）。

そして、副走査断面内の形状が非円弧形状である面（第4面）は、その非円弧形状が、主走査方向における副走査断面の位置に応じて変化する副非円弧面であり（請求項2）、光偏向器5側のレンズ6は、主走査方向に正の屈折力を有するものである（請求項3）。

また、実施例2～6の走査光学系は、中心像高における副走査方向の横倍率： β_2 が条件（1）を満足し（請求項4）、副非円弧面（第4面）の、主走査断面内の形状が非円弧形状で（請求項5）、偏向反射面近傍と被走査面位置とを副走査方向に関して、幾何光学的に共役関係とする機能を有するアナモフィックな光学系であり（請求項6）、2枚のレンズ6、7の、4つのレンズ面全てにおいて、主・副走査方向の曲率が異なる（請求項7）。そして、光スポットにおける光強度分布のライムスプレッド関数における $1/e^2$ 強度で定義されたスポット径が、主・副走査方向とも、有効書込範囲内において $50\mu m$ 以下となる結像性能を持ち（請求項8）、副非円弧面（第4面）の非円弧形状の非円弧量は、主走査方向に非対称に変化し（請求項9）、少なくとも2つのレンズ面（第2面、第3面）は、副走査断面内の曲率が主走査方向に変化し、これら2つのレンズ面は、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化が非対称であって、中心像高における副走査方向の横倍率： β_2 、任意像高における副走査方向の横倍率： β_h が条件（2）を満足する（請求項10）。さらに、実施例2～6の走査光学系は、有効書込幅：W、有効書込幅内における副走査像面湾曲の幅： F_S が条件（3）を満足し、副走査断面内の曲率の主走査方向の変化が非対称であるレンズ面を少なくとも2つ（実施例2～5では第2面と第3面、実施例6では第1面と第4面）有し、それらレンズ面は、面間に空気間隔を有する（請求項12）。

実施例2～6の走査光学系はまた、同時に偏向される複数ビームを、被走査面上に複数の光スポットとして集光するために用いられる（請求項13）。

【0077】

また、図32に即して実施の形態を説明した光走査装置に、上記実施例2～6の任意の走査光学系を用いたものは、複数の発光源ch1～ch4からのビーム

を、カップリングレンズ2により以後の光学系にカップリングし、カップリングされた複数ビームを共通の線像結像光学系4により、光偏向器5の偏向反射面位置近傍に主走査方向に長く、副走査方向に分離した複数の線像として結像させ、光偏向器5により同時に等角速度的に偏向させ、各偏向ビームを共通の走査光学系6、7により、被走査面9上に、副走査方向に分離した複数の光スポットとして集光し、これら複数の光スポットにより複数走査線を同時走査するマルチビーム方式の光走査装置であり、共通の走査光学系6、7として、請求項13記載の走査光学系を用いたマルチビーム方式の光走査装置である（請求項15）。

また、複数の発光源ch1～ch4が1列に配列されたモノリシックな半導体レーザアレイ1Aを、光源として用いたマルチビーム方式の光走査装置であり（請求項16）、半導体レーザアレイ1Aの発光源の間隔は、10μm以上である（請求項17）。

また、図33に実施の形態を示した光走査装置では、光源装置として、2つの発光源を、実施例2～6の半導体レーザにおける2つの発光源ch2、ch3の配列と等価なものとして構成することもでき、このような光源装置の場合に、上記請求項2～6の走査光学系は好適に適用することができる。

上記各実施例において、走査光学系の副走査方向のFナンバは、大きくても28近傍であり、従来、例えば特開平8-297256号で提案されたマルチビーム走査光学系のFナンバ：52～73.5に比して明るく、ビームスポット径を「より小さく絞る」ことができ、高密度化を図れる。

また、上記各実施例では、走査光学系の2枚のレンズ6、7をプラスチック材料で構成しているが、勿論、ガラス材料を使ってもよく、またプラスチック材料とガラス材料を組み合わせてもよい。

【0078】

図34は、画像形成装置の実施の1形態を示している。

感光媒体としての光導電性の感光体100は、円筒状に形成されて矢印方向へ等速回転し、帯電手段（コロナ放電式のものを示しているが、帯電ローラ等の接触式のものとしてもよい）112により均一帯電され、光走査装置114による書きで静電潜像を形成される。この静電潜像は、現像手段116により現像され

、現像により得られた可視像は、転写手段（ローラ式のものを示しているが、転写・分離チャージャ式のものとしてもよい）120によりシート状の記録媒体（転写紙やオーバヘッドプロジェクタ用のプラスチックシート等）Sに転写される。記録媒体Sは、転写された可視像を定着手段122により定着されて装置外へ排出される。

図34において、符号118は「トナーホッパー」を示す。トナーホッパー118は、貯蔵したトナーを、必要に応じて現像手段116に補給するようになつており、ホッパーごと交換できるようになっている。

光走査装置114は光偏向器1141以後が描かれている。光偏向器1141により偏向されたビームは、レンズ1142を透過し、ミラー1144、1145により光路を屈曲され、レンズ1146を透過して光走査装置114から射出して感光体100を光走査する。この例で、レンズ1142、1146が走査光学系の実体をなし、実施例1～6におけるレンズ5、6に対応する。バック長は、レンズ1146の感光体100側の面から感光体100に至る距離である。

トナーホッパー118を交換するユーザの負担を軽減するため、トナーホッパーの貯蔵トナー量を増大させてトナーホッパー交換期間を長くすることが行われており、それに伴いトナーホッパー118が大型化し、走査光学系114に長いバック長が要求されるが、上記実施例1～6に示した各走査光学系は、何れも上述のように「長いバック長」を有するので、このように長いバック長を要する画像形成装置に有効に用いることができる。

即ち、図34に示す装置は、感光媒体100の感光面に光走査装置114による走査を行って潜像を形成し、該潜像を可視化して画像を得る画像形成装置であって、感光媒体100の感光面の走査を行う光走査装置114として、前記請求項14～17の任意の1に記載のものを用いたものであり（請求項18）、感光媒体100が「光導電性の感光体」であり、感光面の均一帯電と光走査装置の走査とにより形成される静電潜像が、トナー画像として可視化されるものである（請求項19）。

【0079】

【発明の効果】

以上に説明したように、この発明によれば、新規な走査光学系と光走査装置及び画像形成装置を実現できる。この発明の走査光学系は、副走査方向において光偏向器側から順に、負・正の屈折力分配とした「レトロフォーカス型」で、実際のレンズ配置におけるよりも被走査面側に「副走査方向の後側主点」を配置できるので、シングルビーム方式とマルチビーム方式とを問わず、長いバック長を確保できる。また、副非円弧面を採用して（請求項2）、波面収差を有効に補正することにより、 $50 \mu m$ 程度以下の小径の光スポットを安定して得ることが可能となる。

この発明の光走査装置は、上記走査光学系を用いて、小径の安定した光スポットにより書き密度の高い良好な書きを実現することができ、このような走査光学系をマルチビーム方式の光走査装置に用いることにより、走査線ピッチを機械的変動に対して安定ならしめ、高密度化に適応できる良好なマルチビーム方式の光走査を実現することが可能となる。

この発明の画像形成装置は、この発明による性能良好な光走査装置を用いることにより、良好な画像形成の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施例1の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図2】

実施例1の走査光学系の、第2面及び第3面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図3】

実施例1の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図4】

実施例1の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図5】

実施例1の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図6】

実施例2の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図7】

実施例2の走査光学系の、第2面及び第3面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図8】

実施例2の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図9】

実施例2の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図10】

実施例2の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図11】

実施例3の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図12】

実施例3の走査光学系の、第2面及び第3面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図13】

実施例3の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図14】

実施例3の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図15】

実施例3の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図16】

実施例4の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図17】

実施例4の走査光学系の、第2面及び第3面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図18】

実施例4の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図19】

実施例4の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図20】

実施例4の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図21】

実施例5の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図22】

実施例5の走査光学系の、第2面及び第3面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図23】

実施例5の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図24】

実施例5の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図25】

実施例5の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図26】

実施例6の走査光学系に関する光学配置を示す図である。

【図27】

実施例6の走査光学系の、第1面及び第4面の、副走査断面内の曲率の、主走査方向の変化の様子を示す図である。

【図28】

実施例6の走査光学系の、中心像高の副走査方向の横倍率： β_2 に対する、任意像高の副走査方向の横倍率： β_h の変化を示す図である。

【図29】

実施例6の走査光学系に関する像面湾曲、等速度特性を示す図である。

【図30】

実施例6の走査光学系における光スポットの、各像高ごとのスポット径の深度曲線を示す図である。

【図31】

シングルビーム方式の光走査装置の実施の1形態を示す図である。

【図32】

マルチビーム方式の光走査装置の、実施の1形態を示す図である。

【図33】

マルチビーム方式の光走査装置の、実施の別形態を示す図である。

【図34】

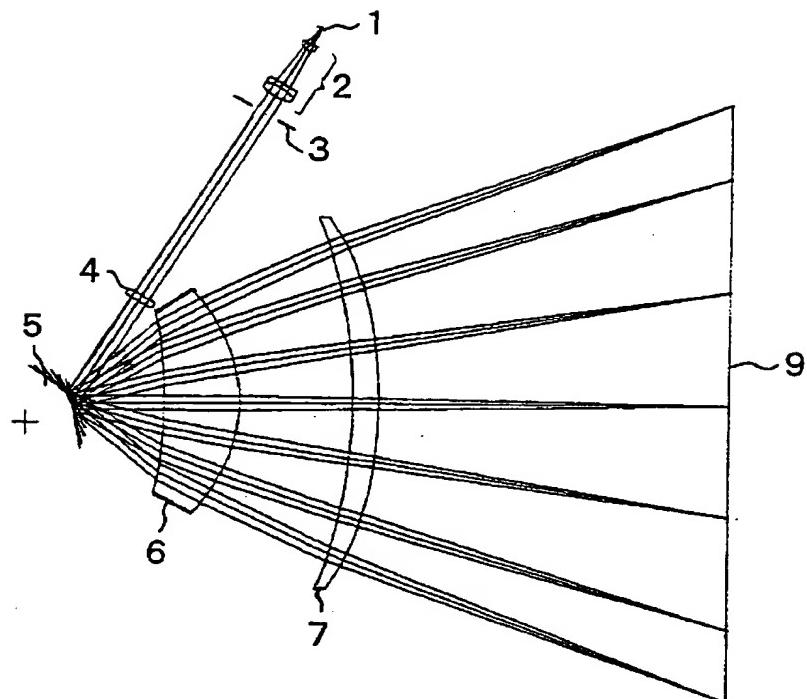
画像形成装置の実施の1形態を示す図である。

【符号の説明】

- 1 光源（半導体レーザ）
- 2 カップリングレンズ
- 3 アパーチャ
- 4 線像結像光学系
- 5 光偏向器
- 6, 7 走査光学系を構成するレンズ
- 9 被走査面

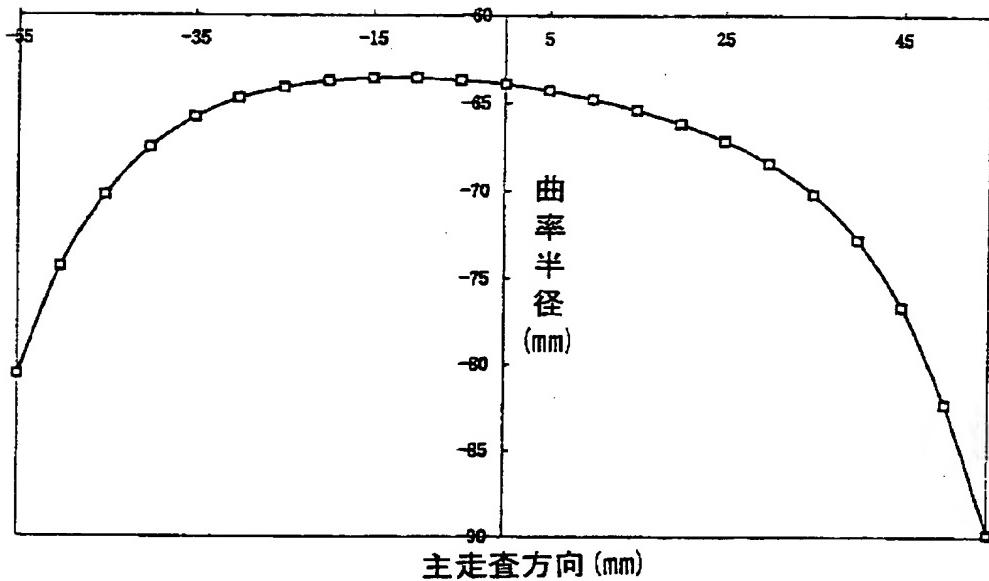
【書類名】 図面

【図1】

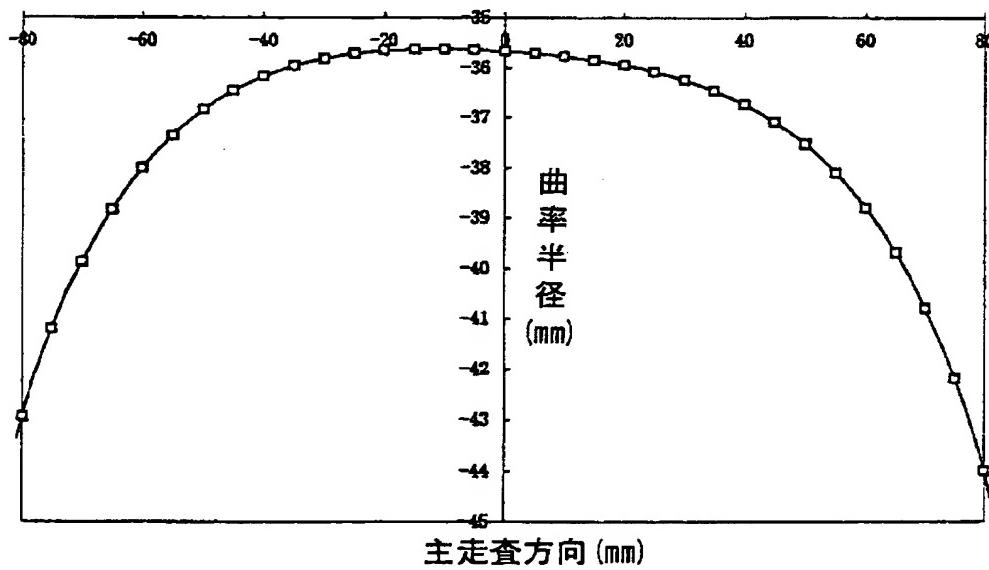


【図2】

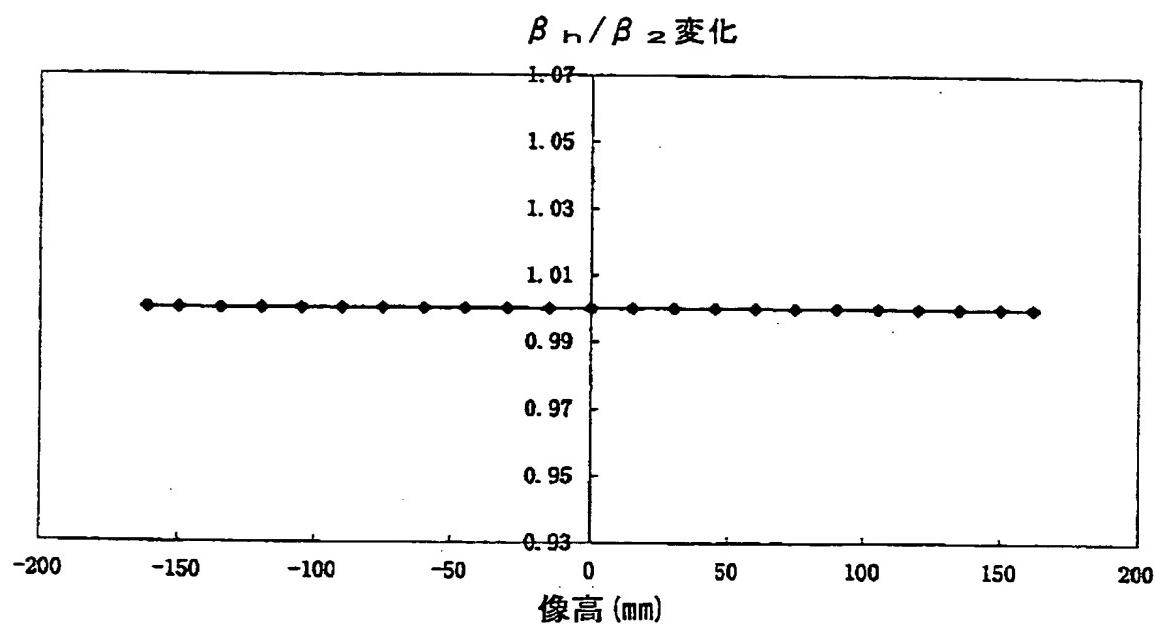
(a)
第2面曲率半径



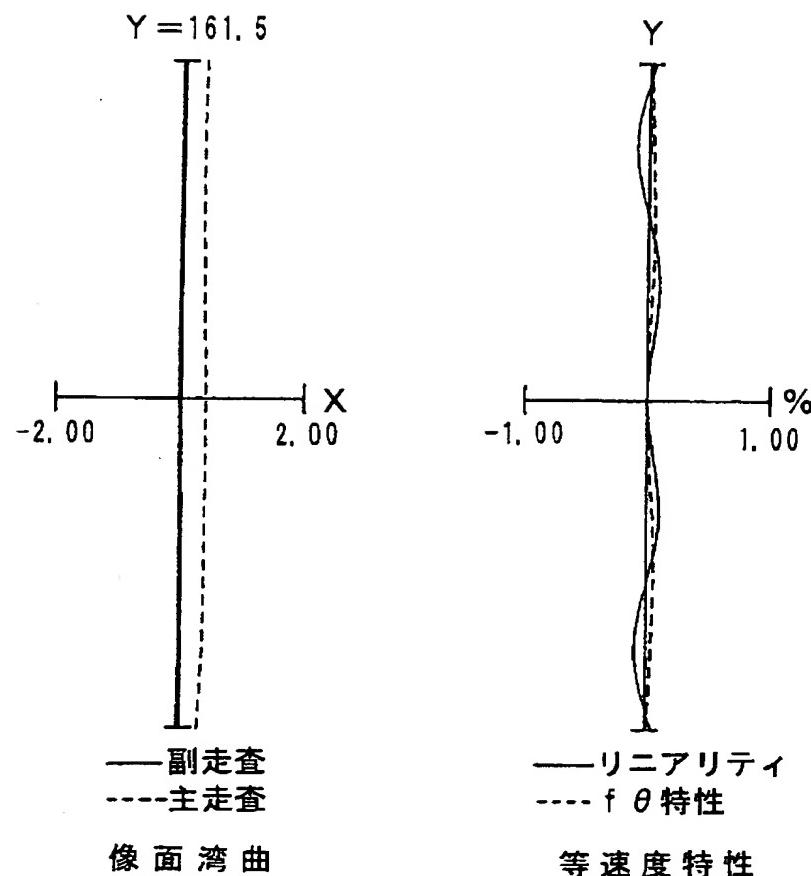
(b)
第3面曲率半径



【図 3】

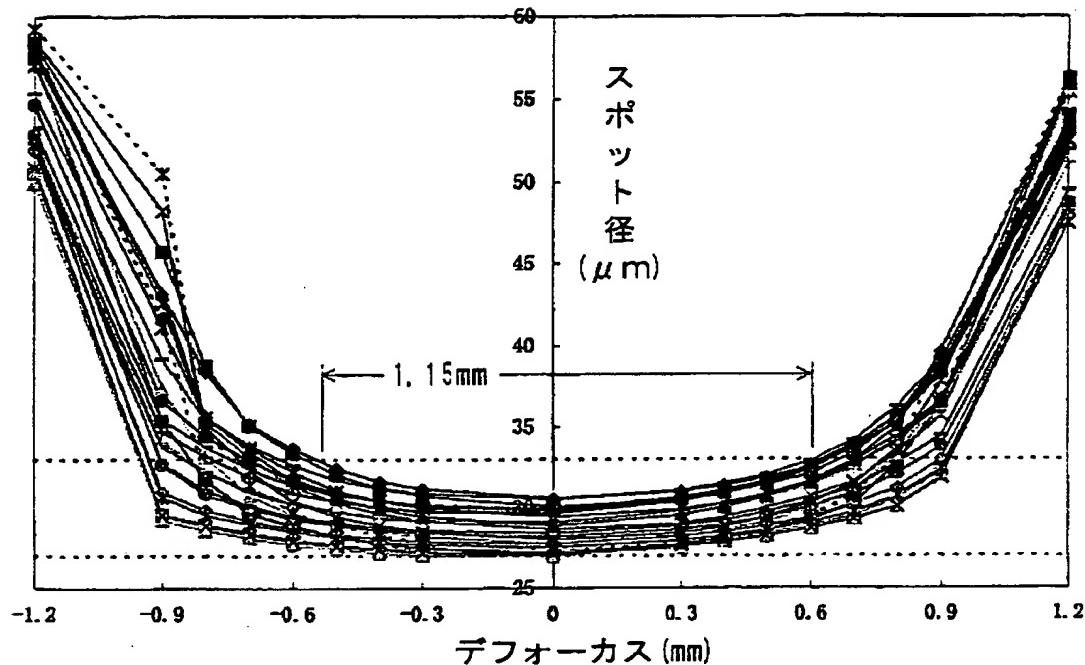


【図4】

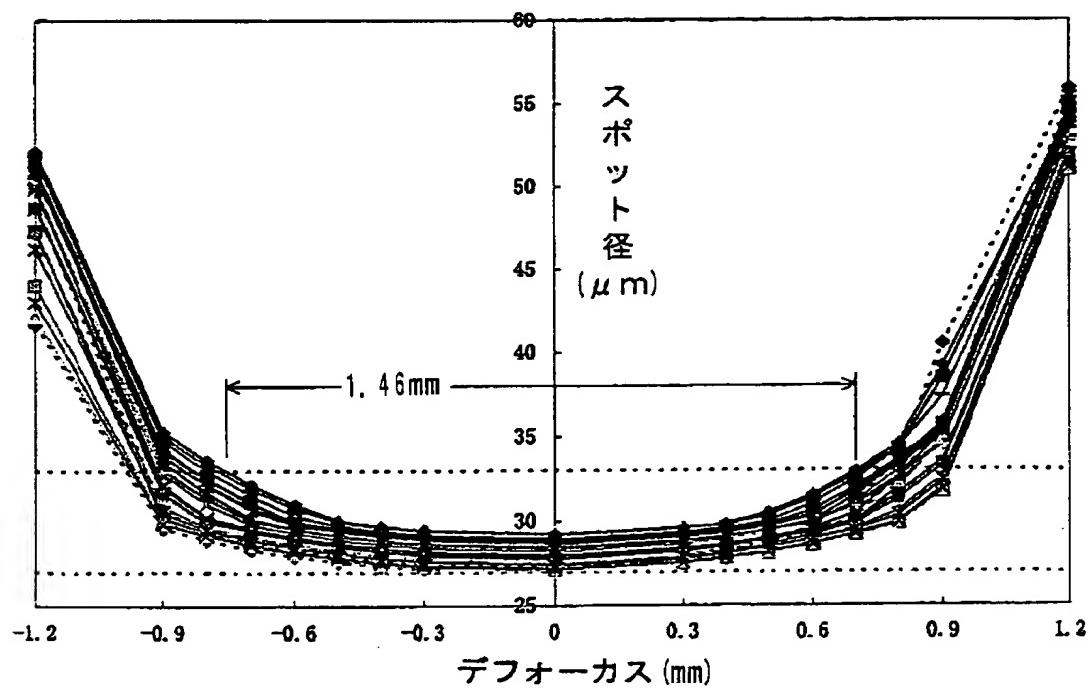


【図5】

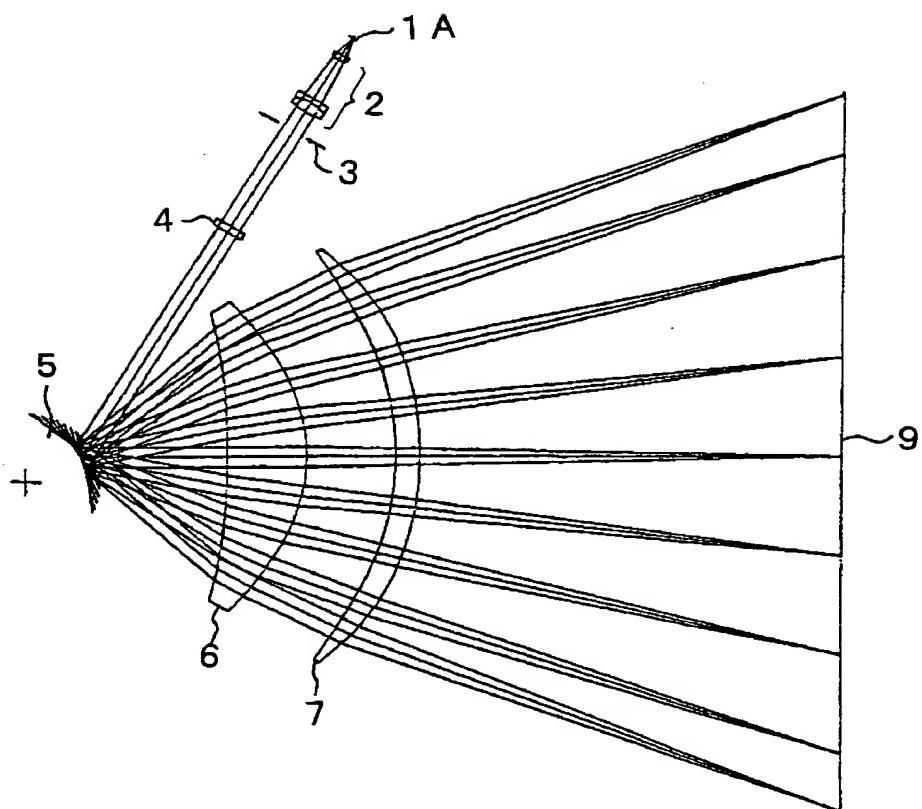
(a) 主走査



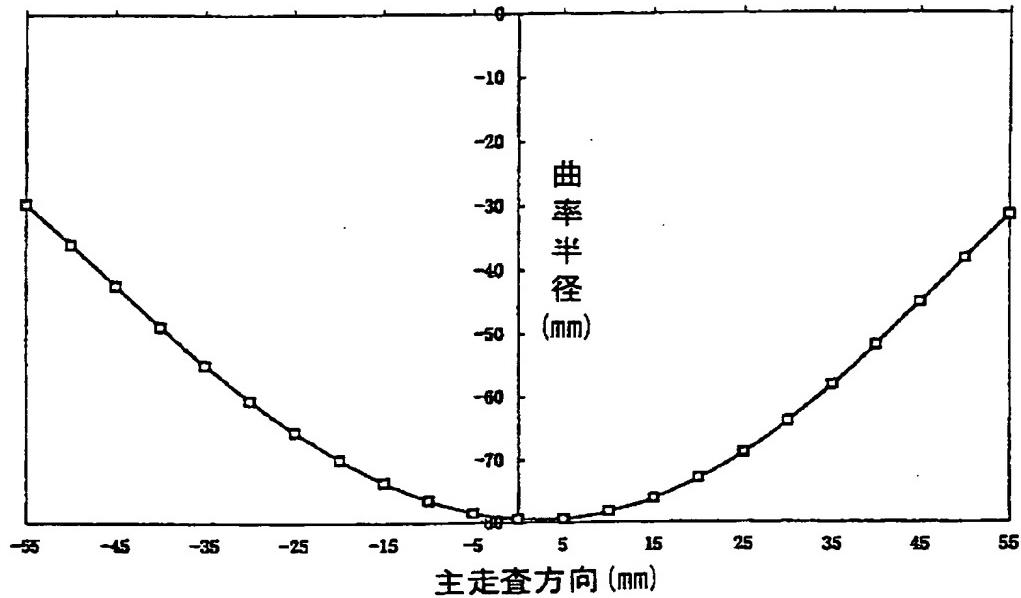
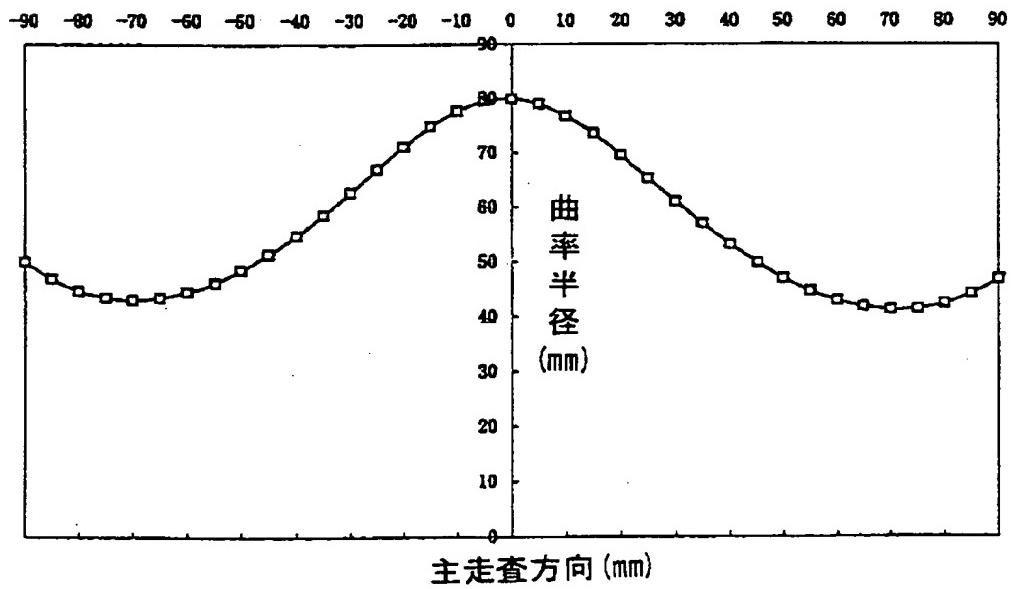
(b) 副走査



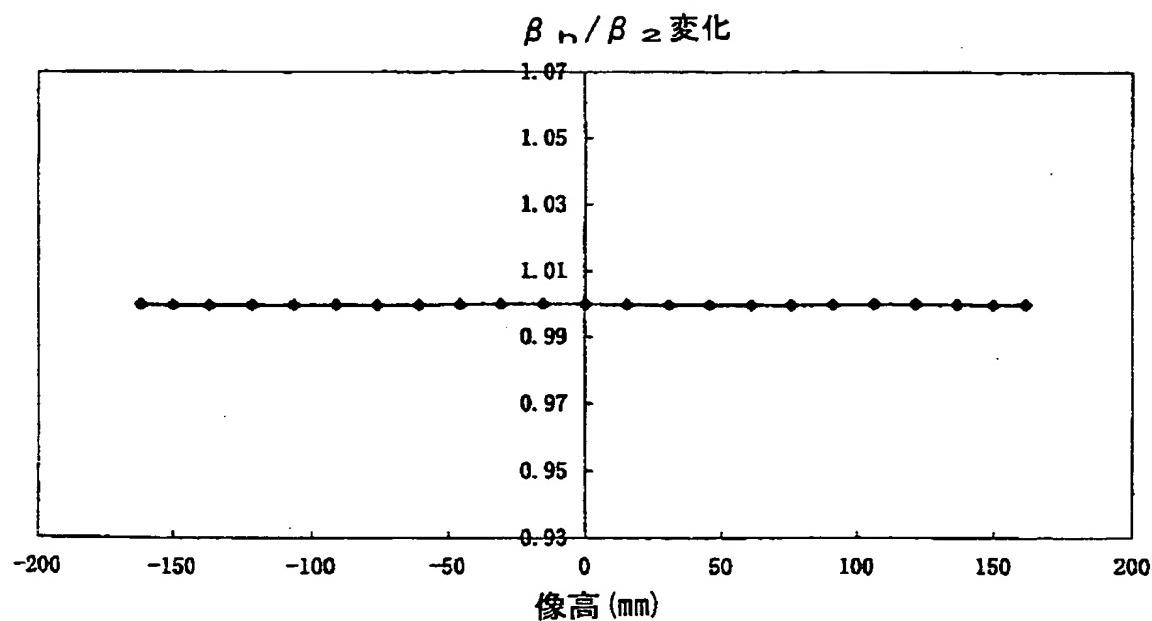
【図6】



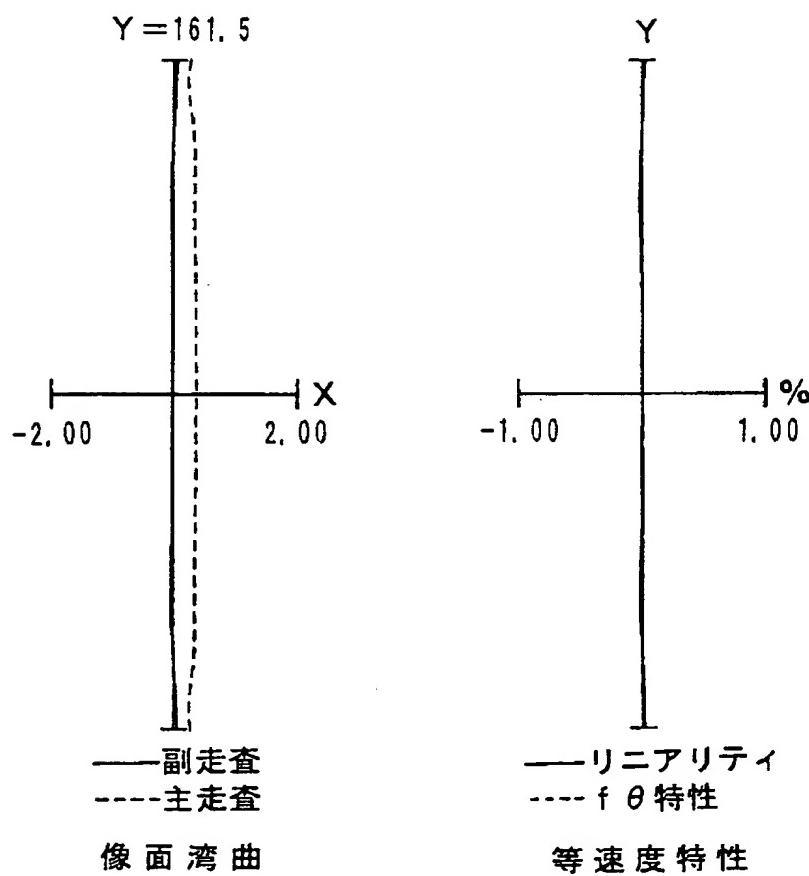
【図7】

(a)
第2面曲率半径(b)
第3面曲率半径

【図8】

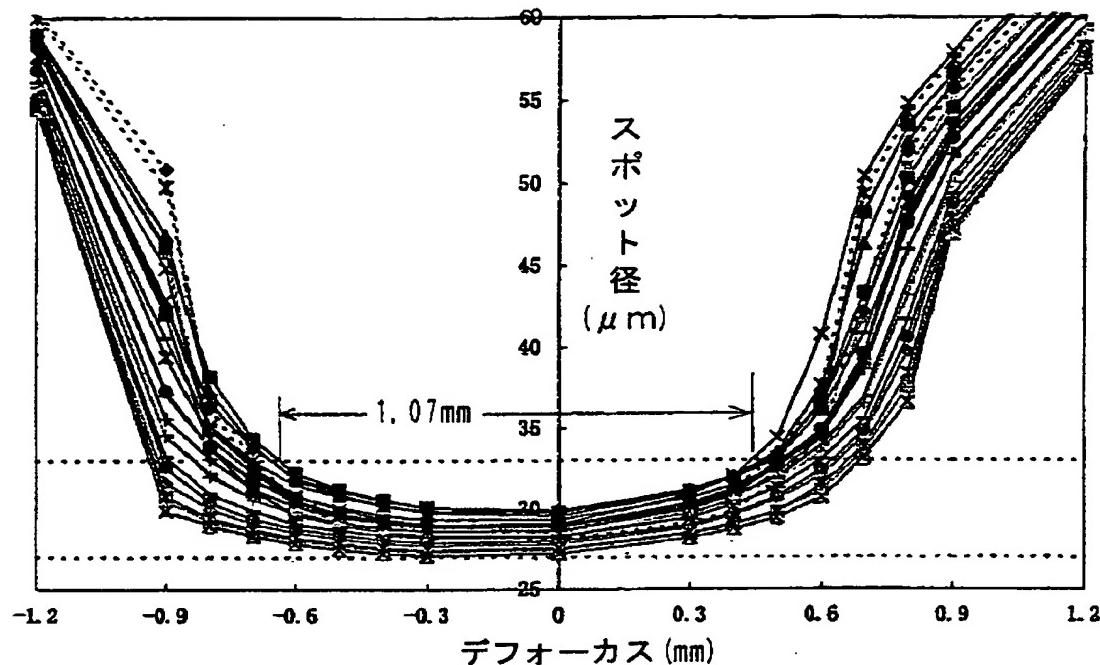


【図9】

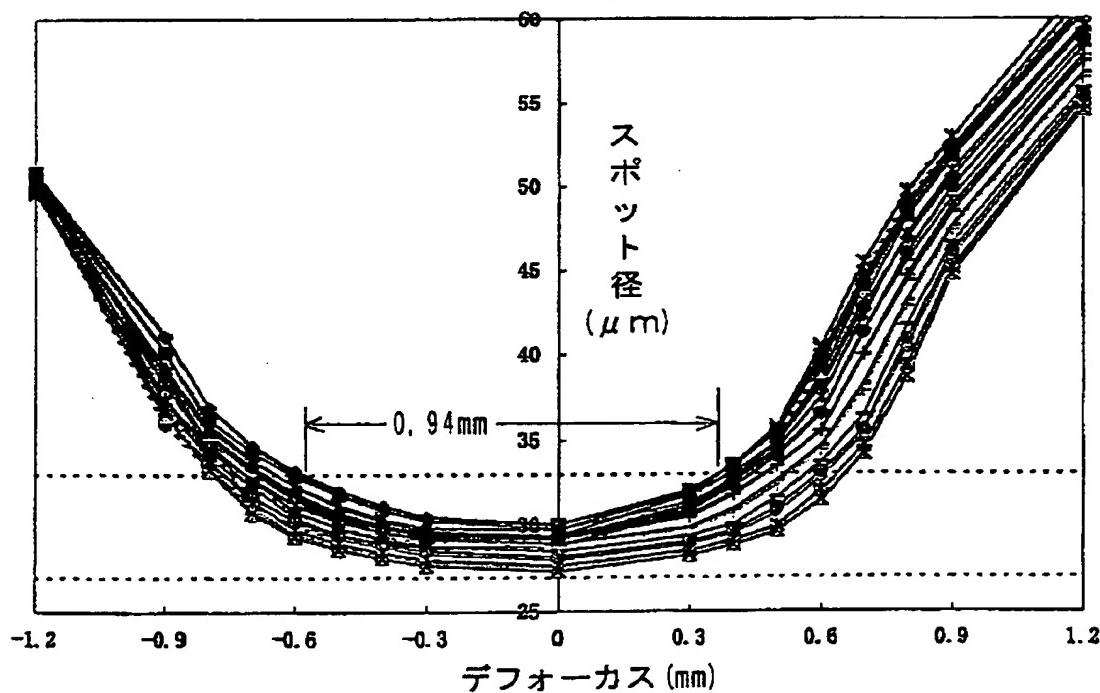


【図10】

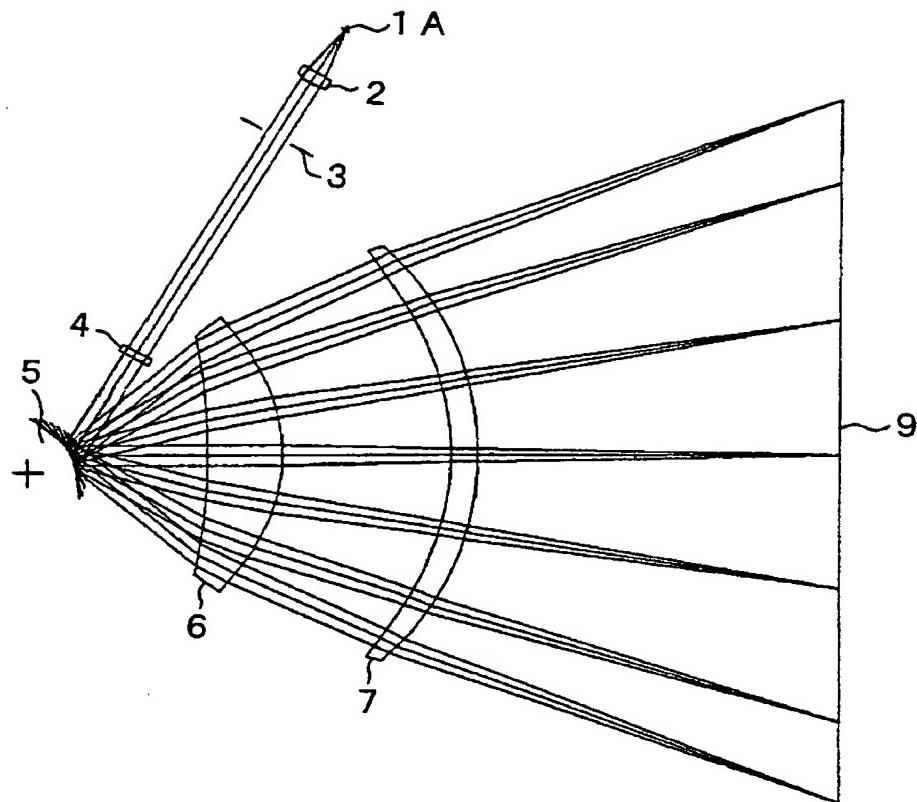
(a) 主走査



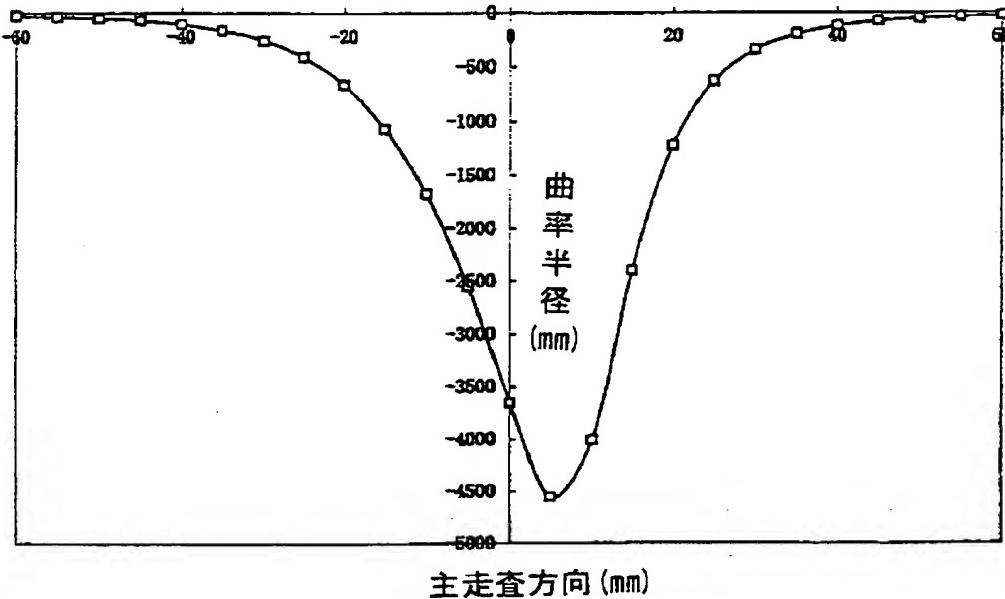
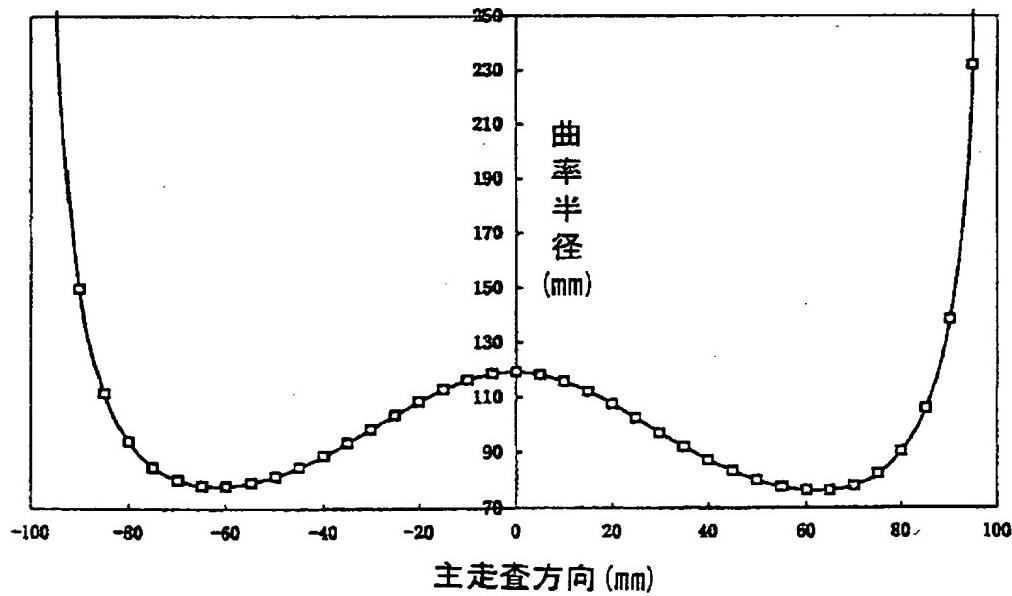
(b) 副走査



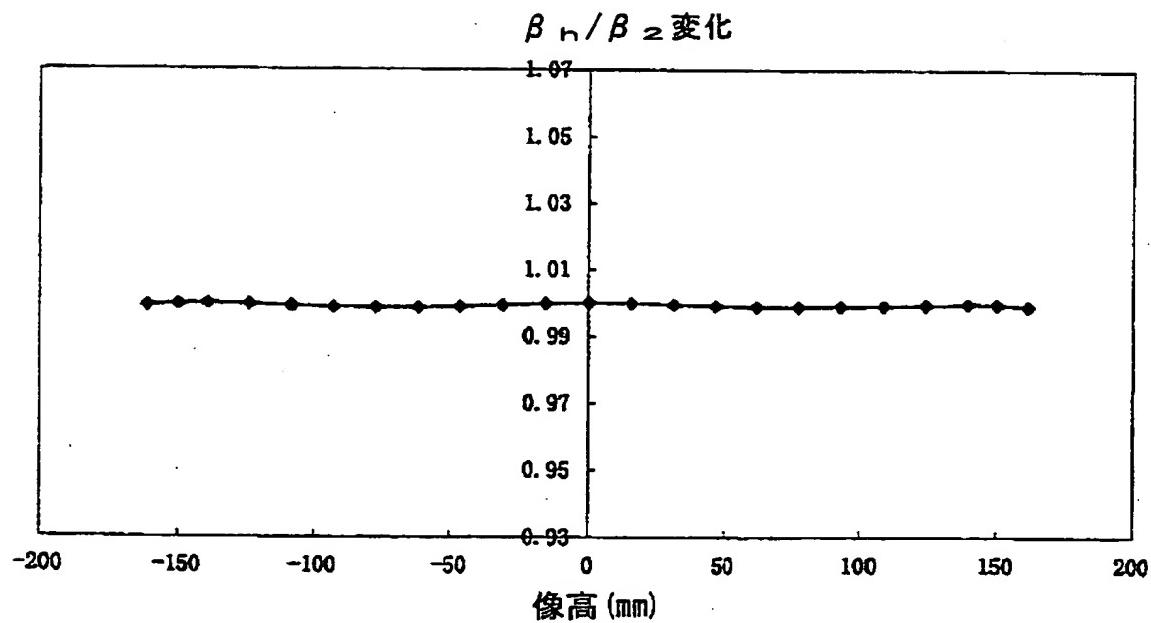
【図11】



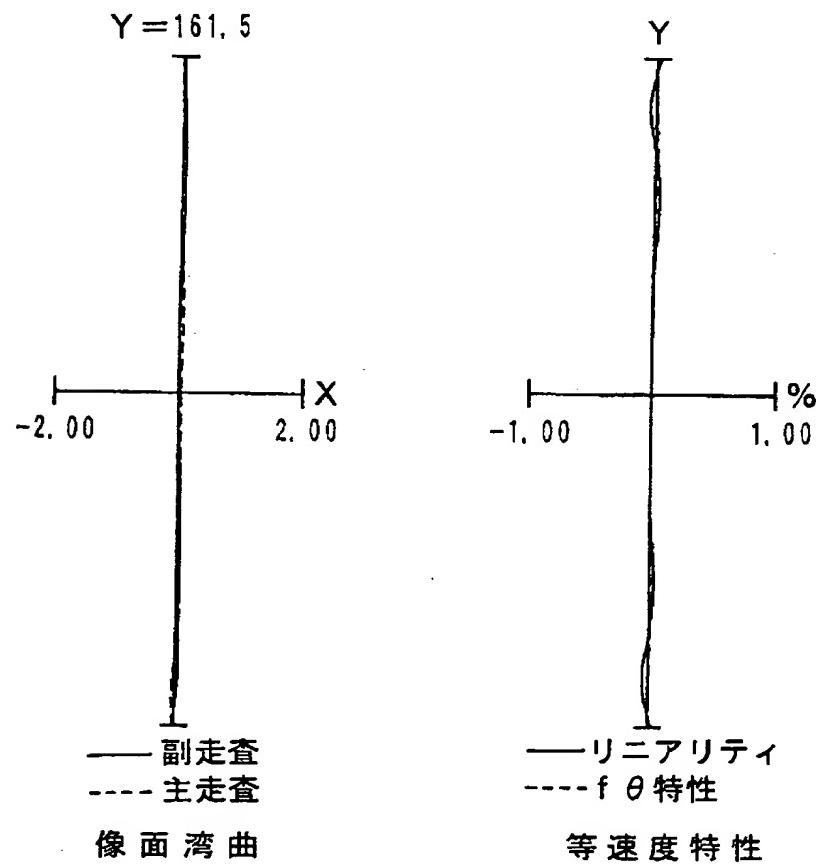
【図12】

(a)
第2面曲率半径(b)
第3面曲率半径

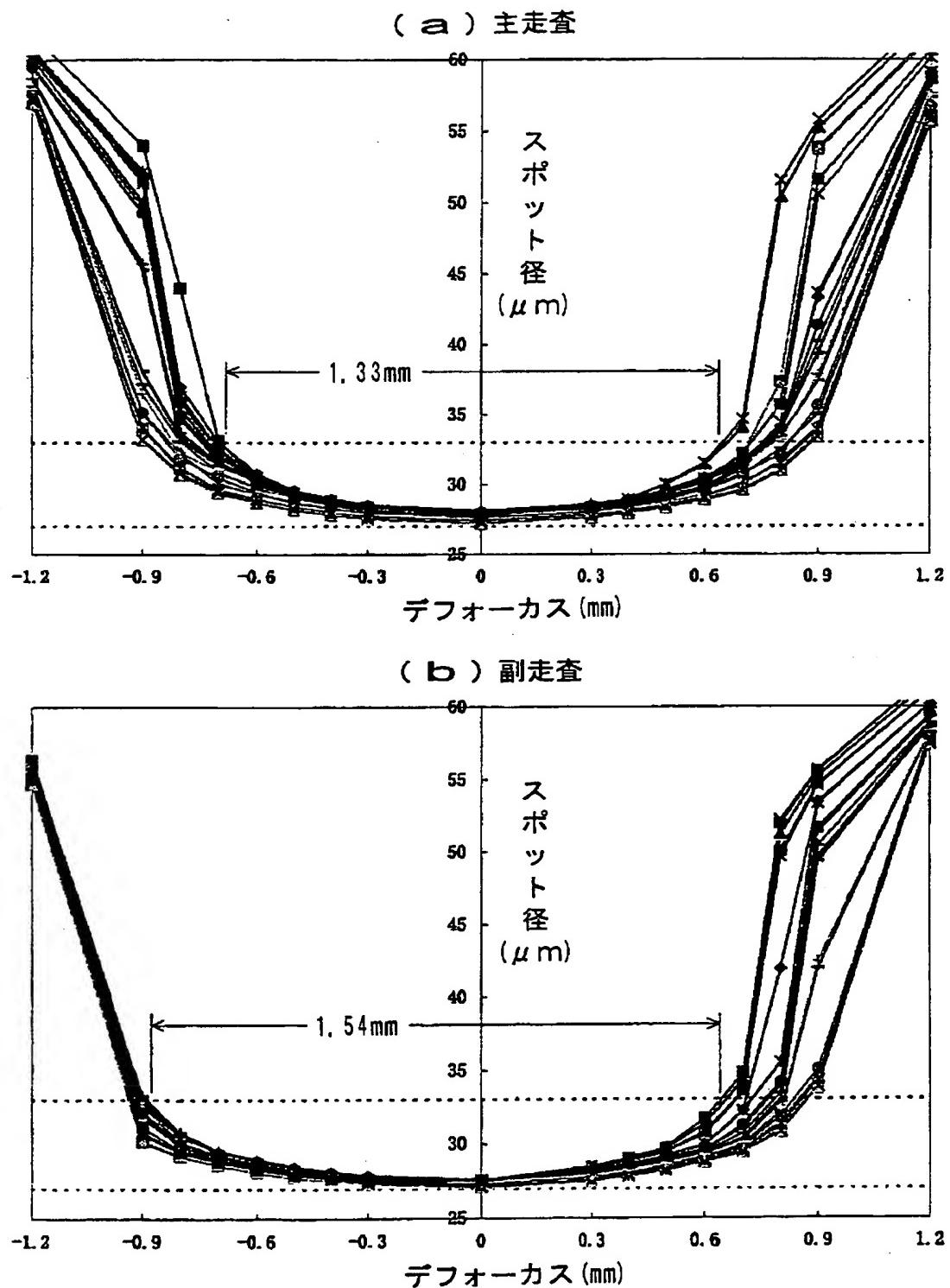
【図13】



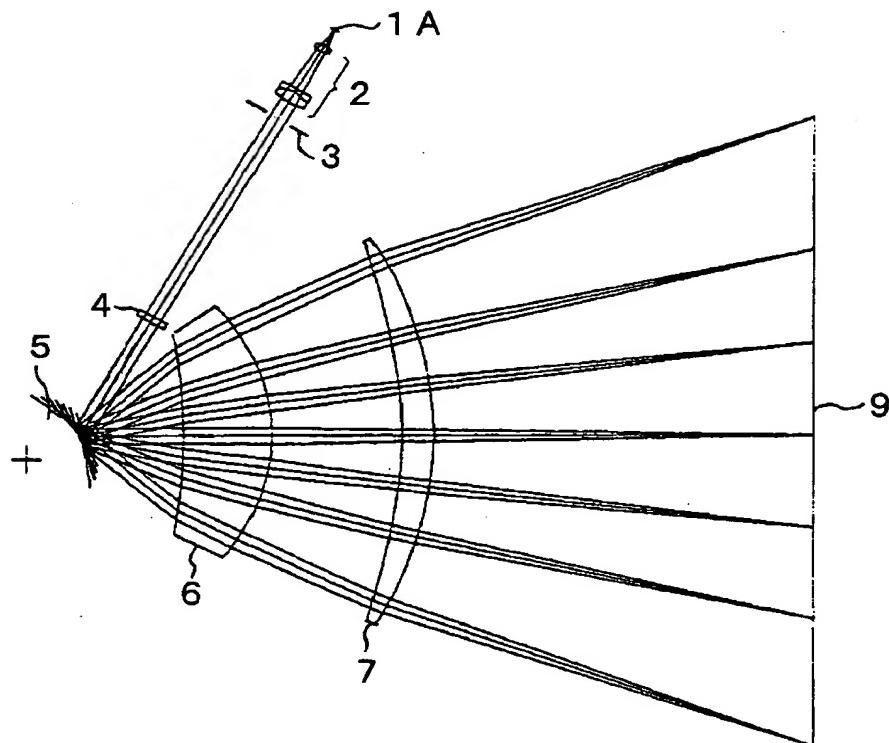
【図14】



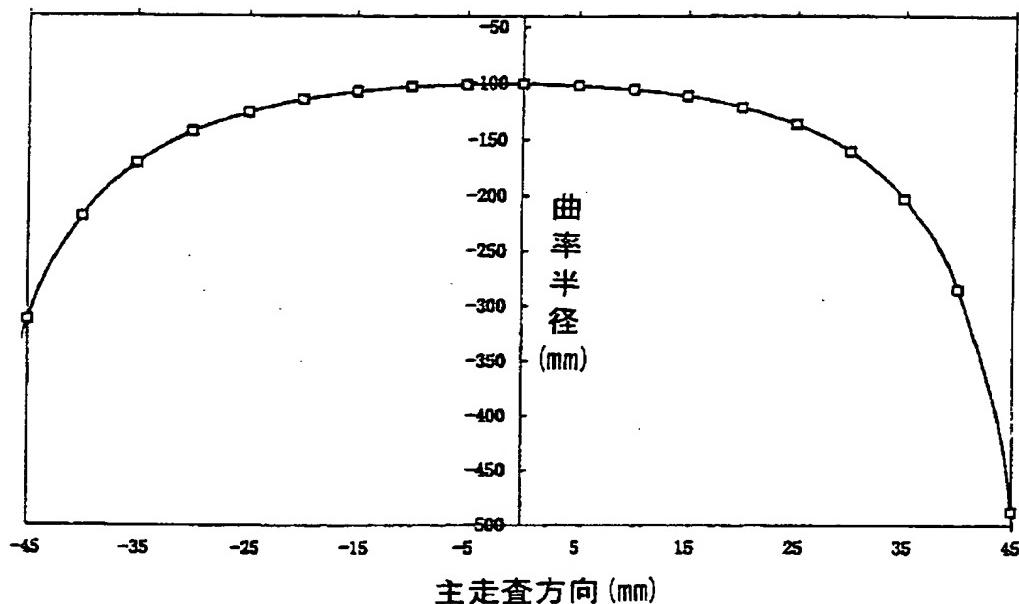
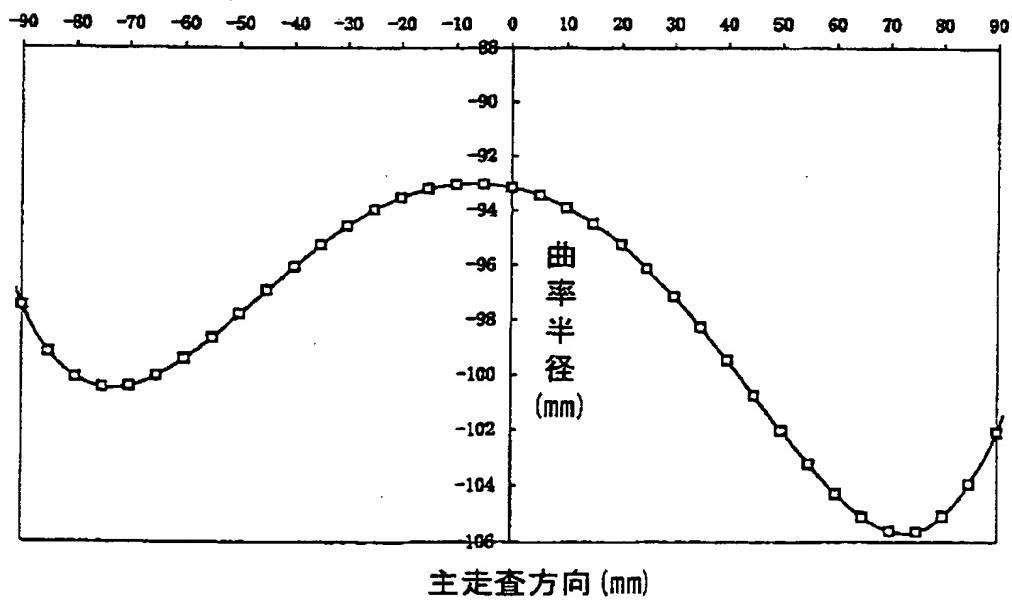
【図15】



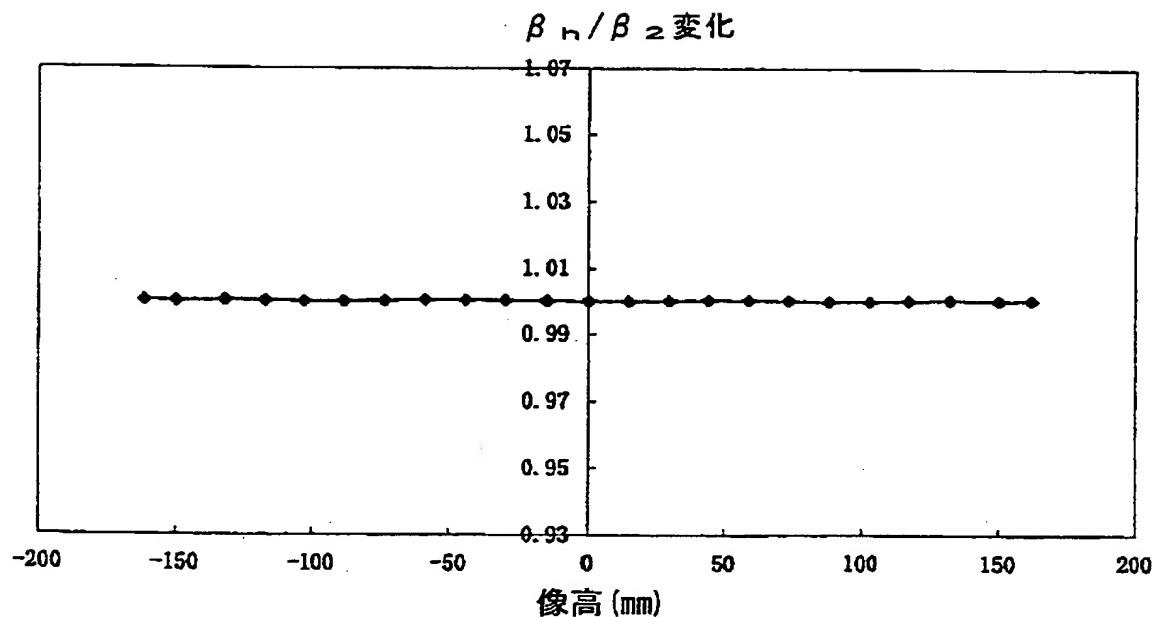
【図 1 6】



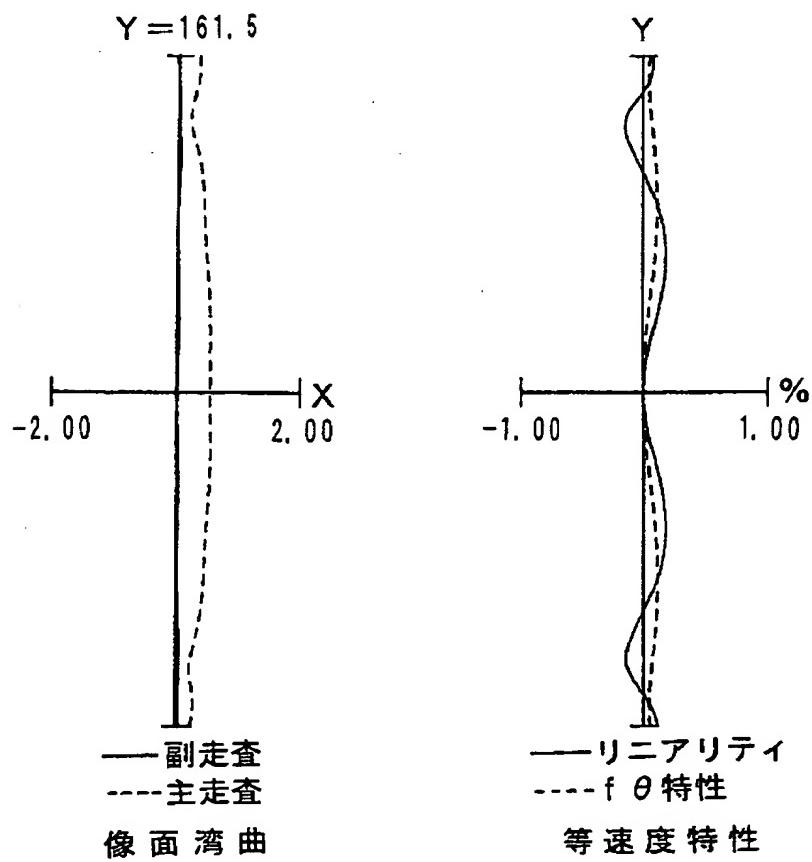
【図17】

(a)
第2面曲率半径(b)
第3面曲率半径

【図18】

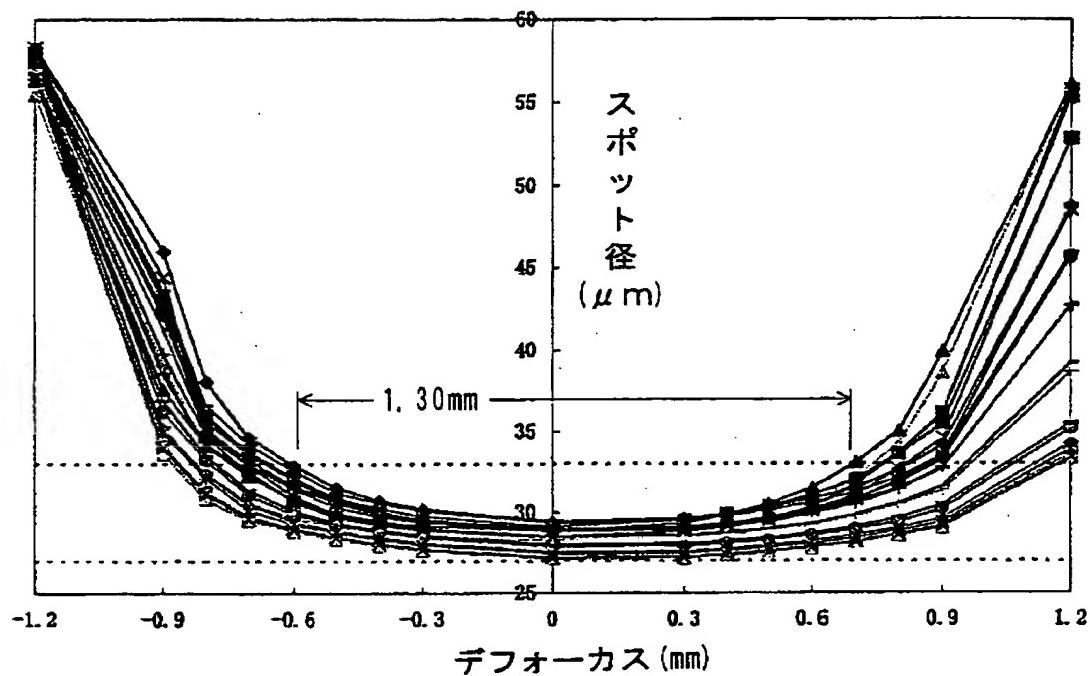


【図19】

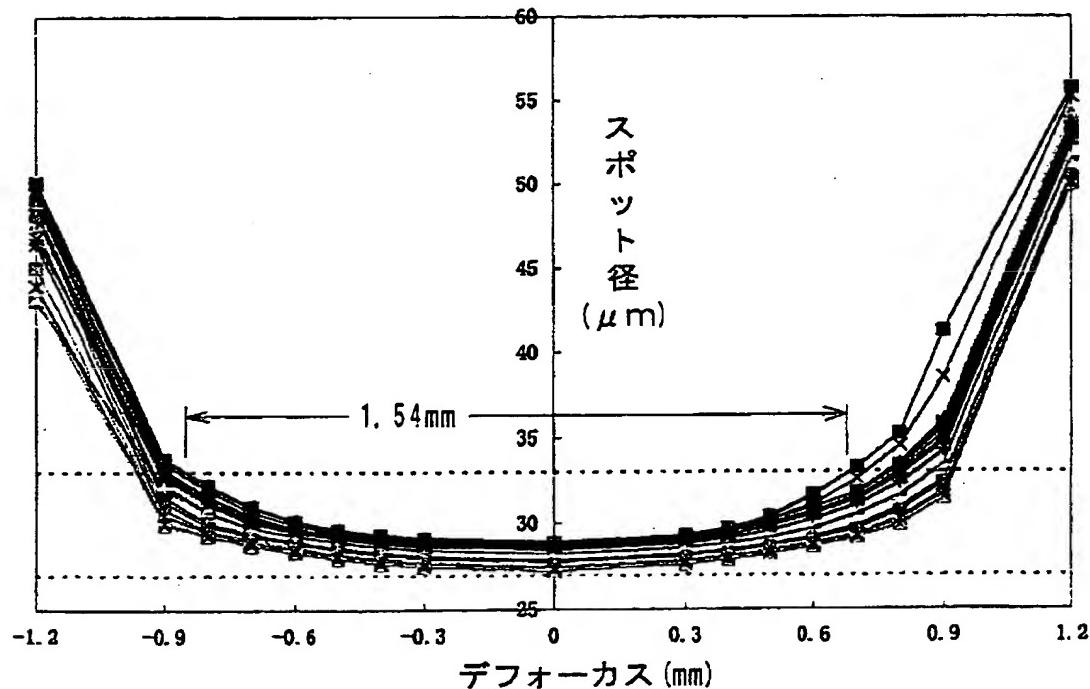


【図20】

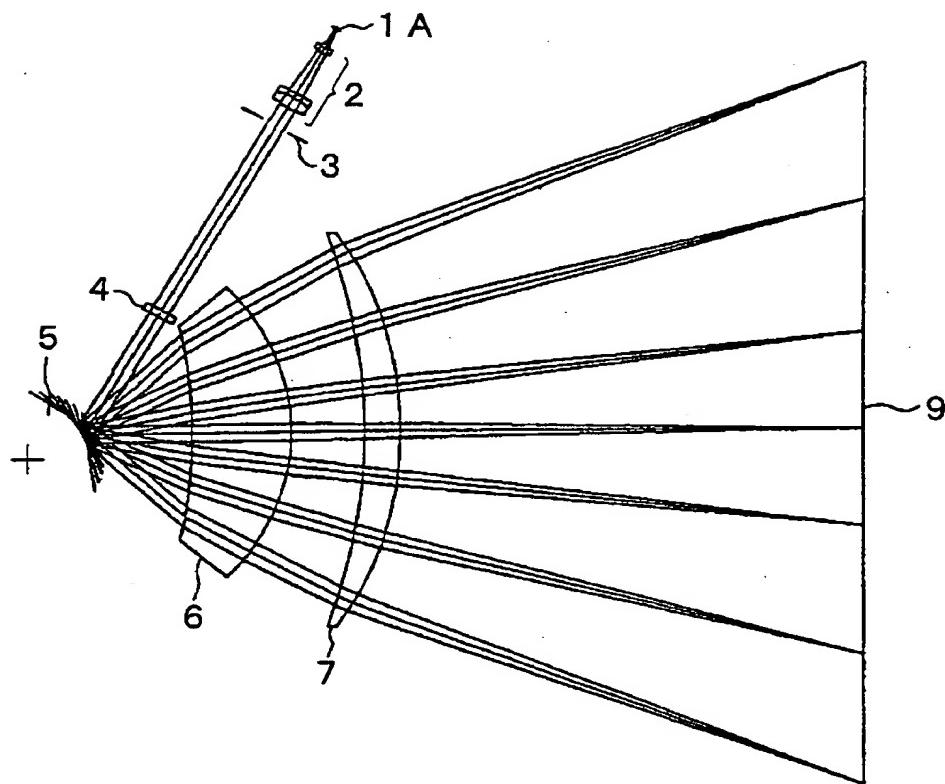
(a) 主走査



(b) 副走査

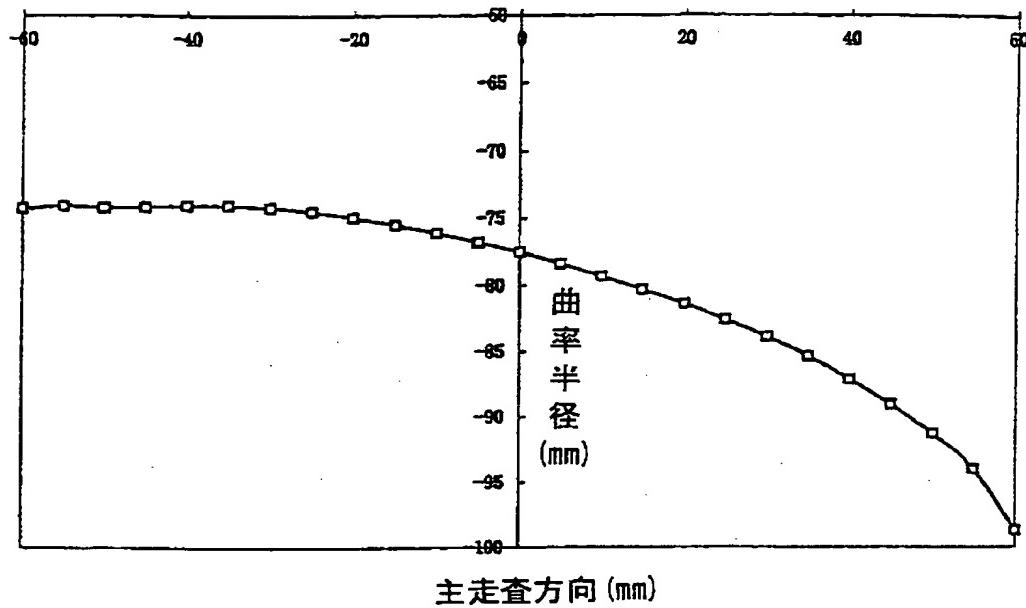


【図21】

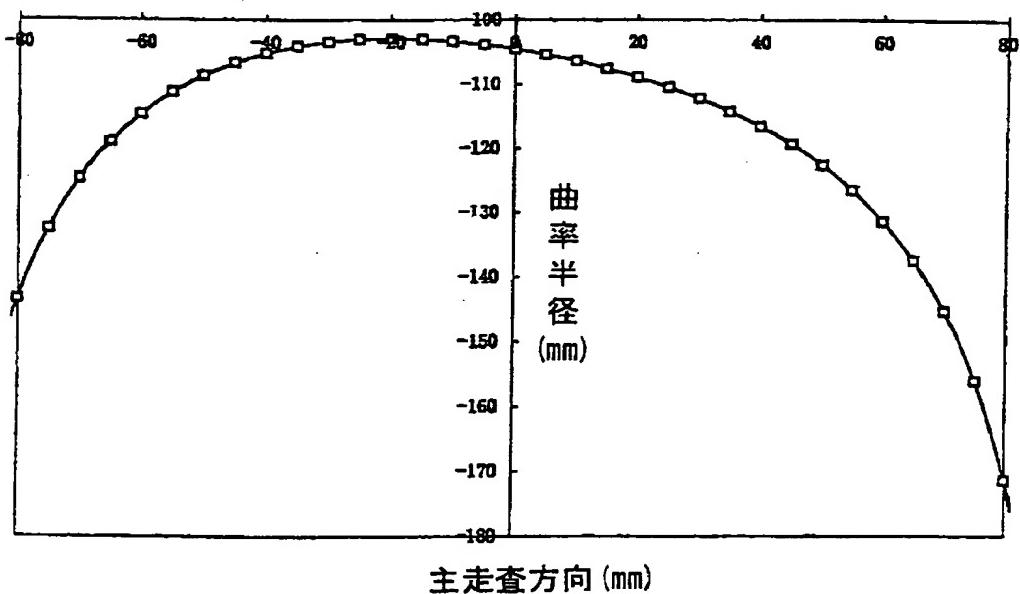


【図22】

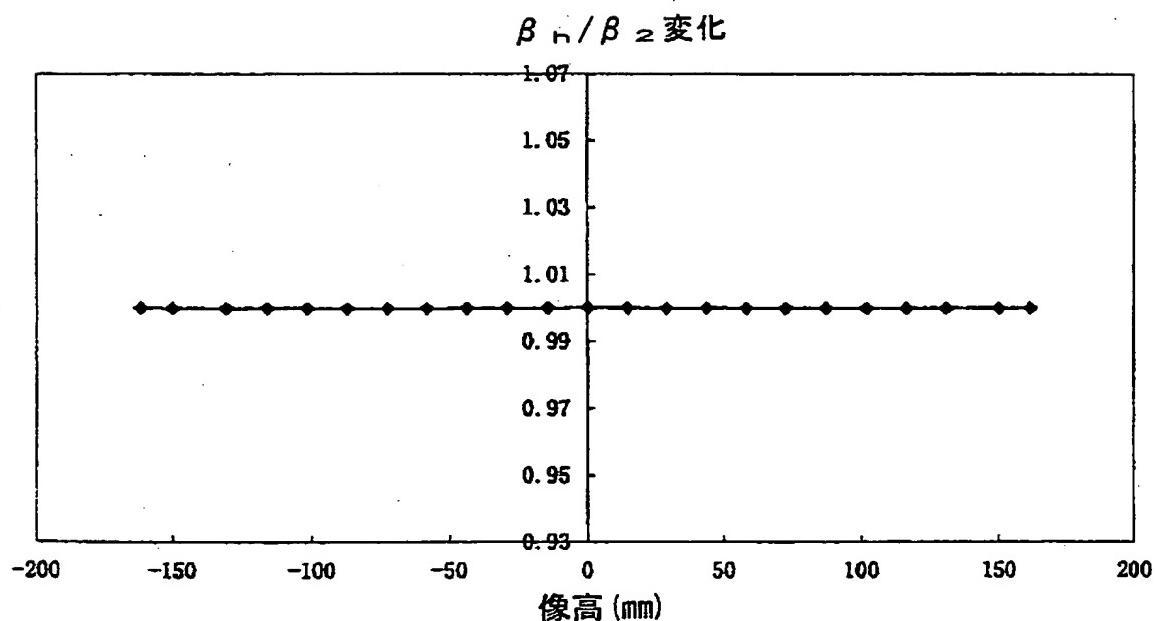
(a)
第2面曲率半径



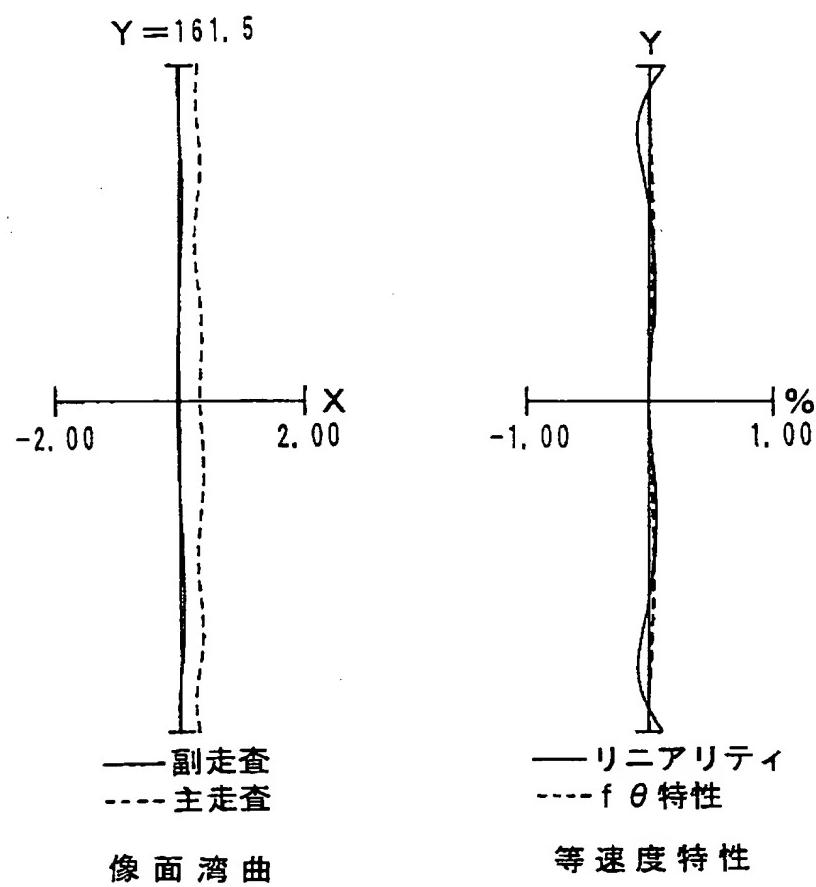
(b)
第3面曲率半径



【図23】

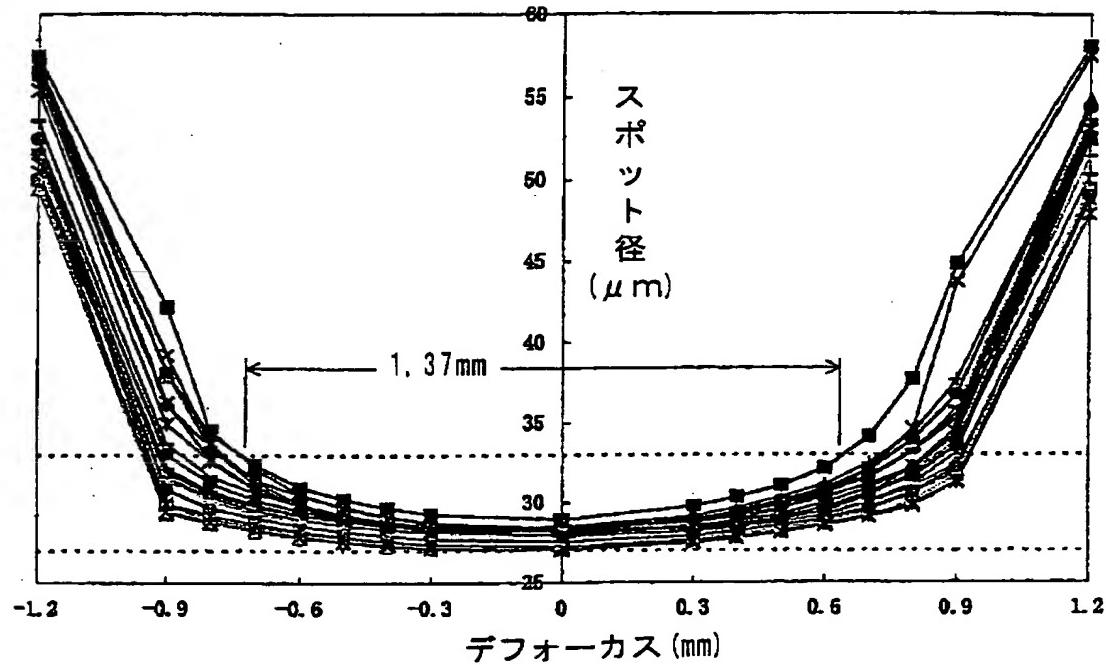


【図24】

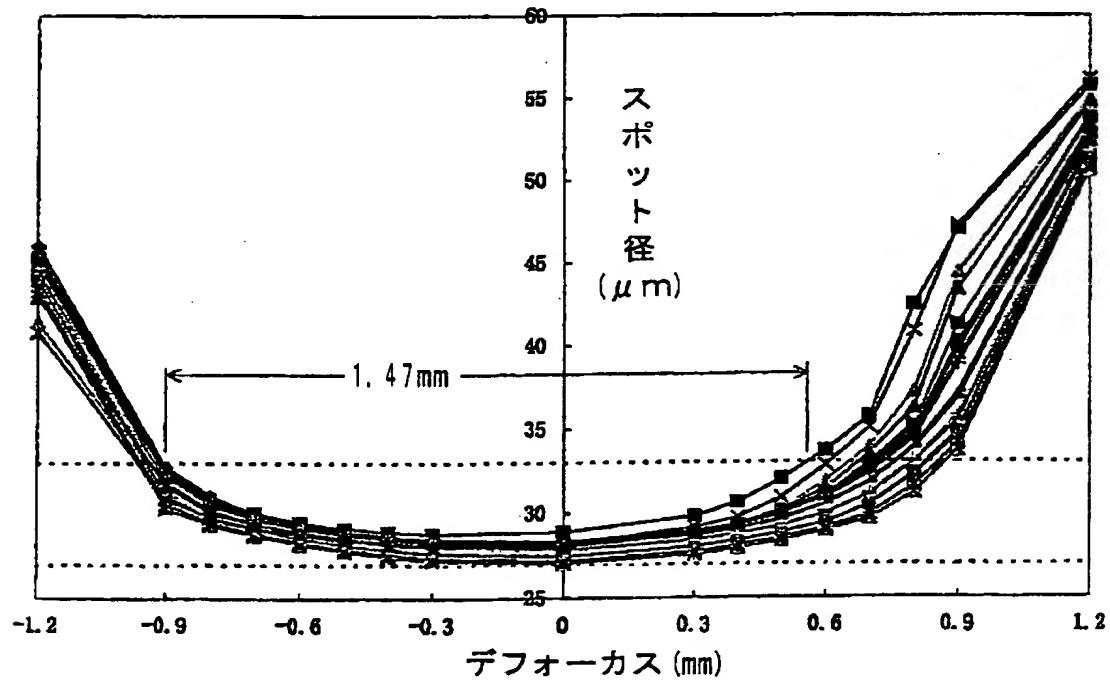


【図25】

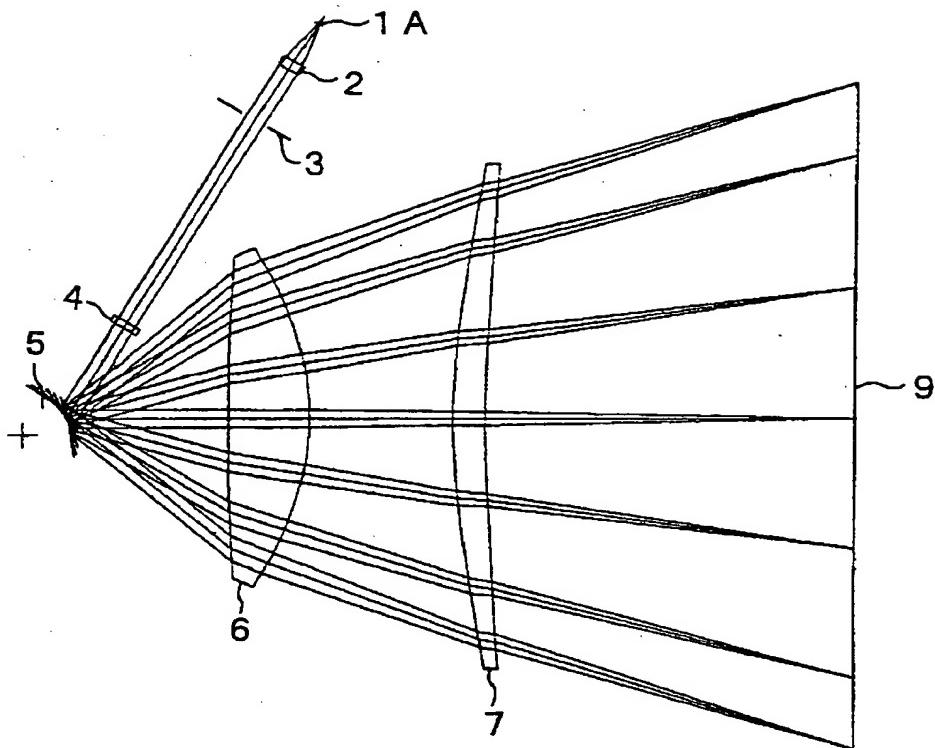
(a) 主走査



(b) 副走査

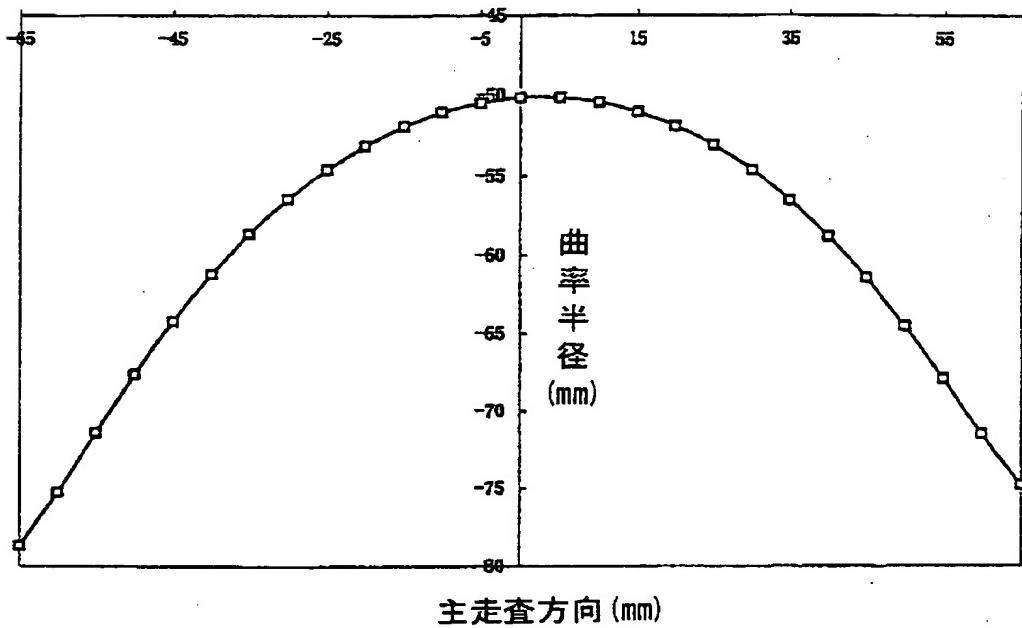


【図26】

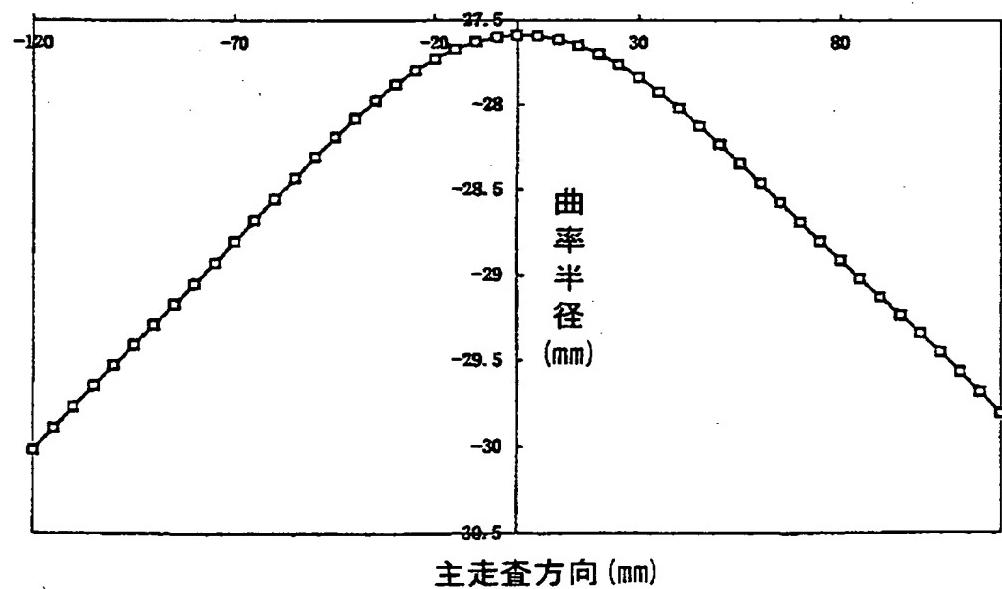


【図27】

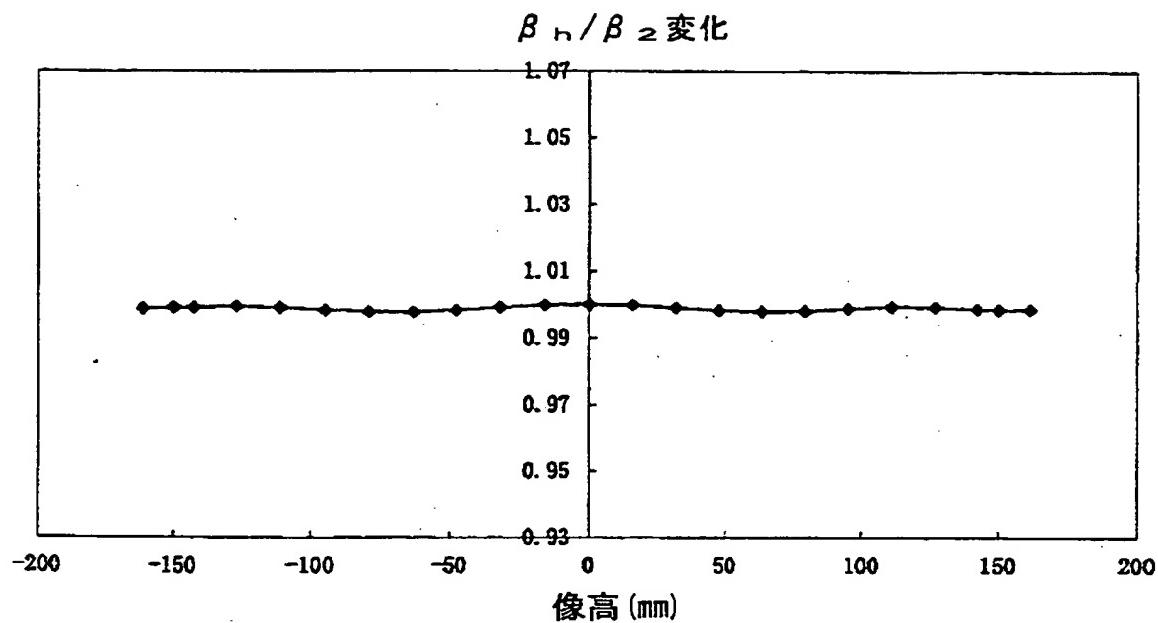
(a)
第1面曲率半径



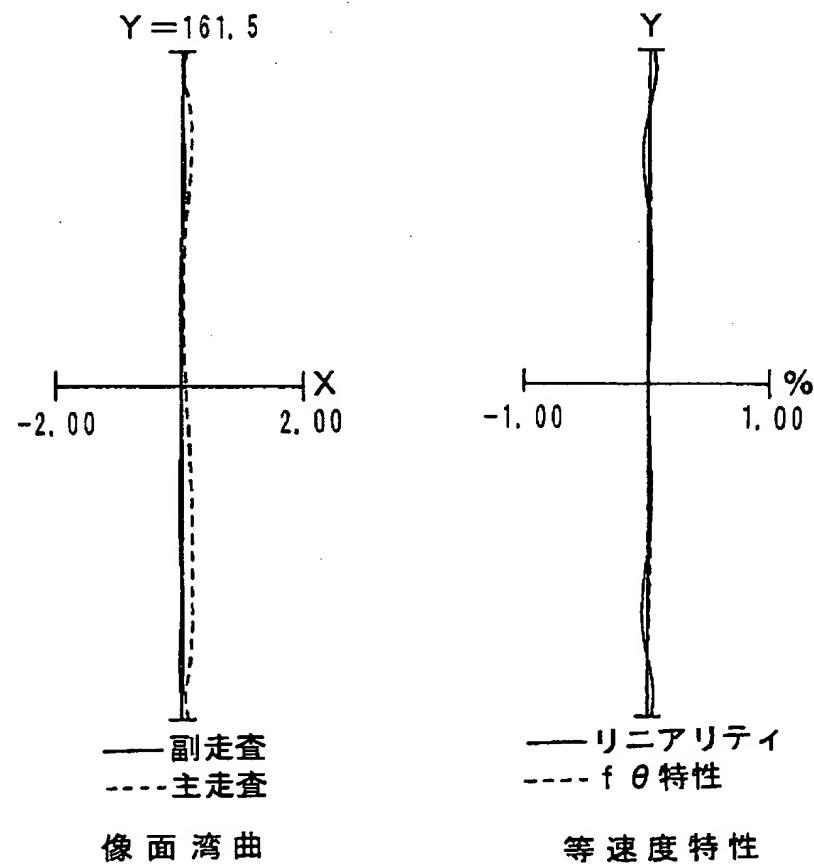
(b)
第4面曲率半径



【図28】

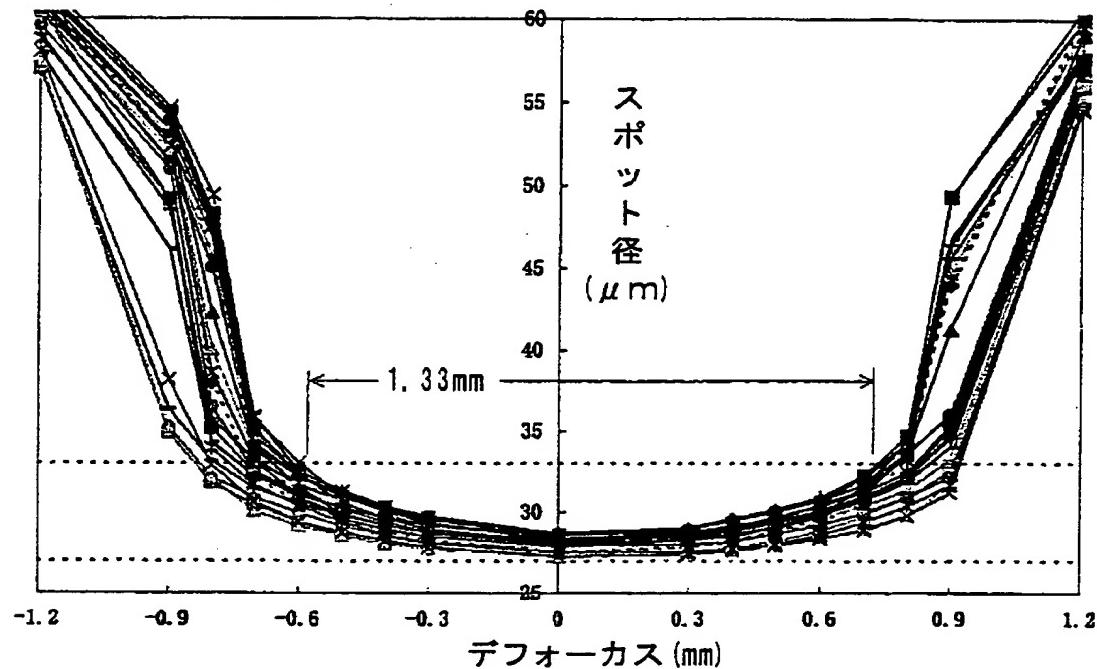


【図29】

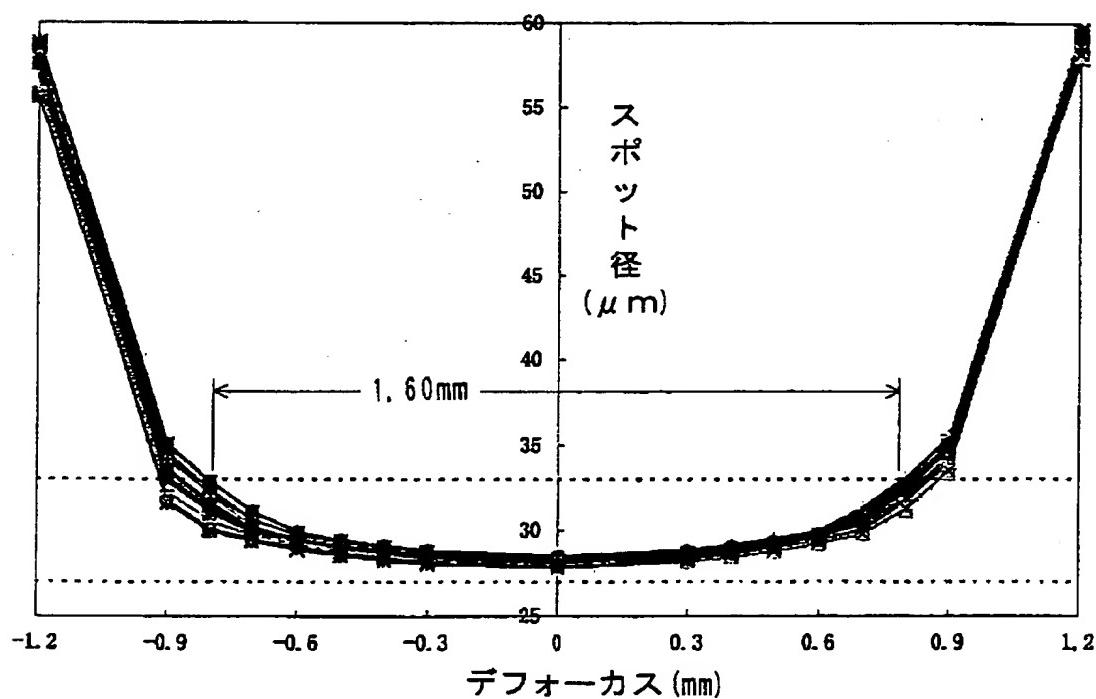


【図30】

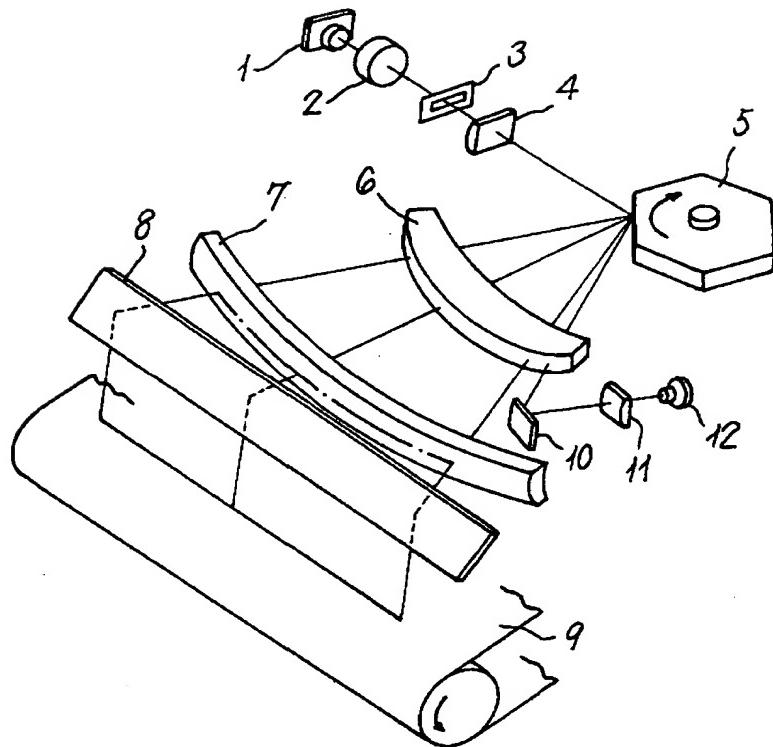
(a) 主走査



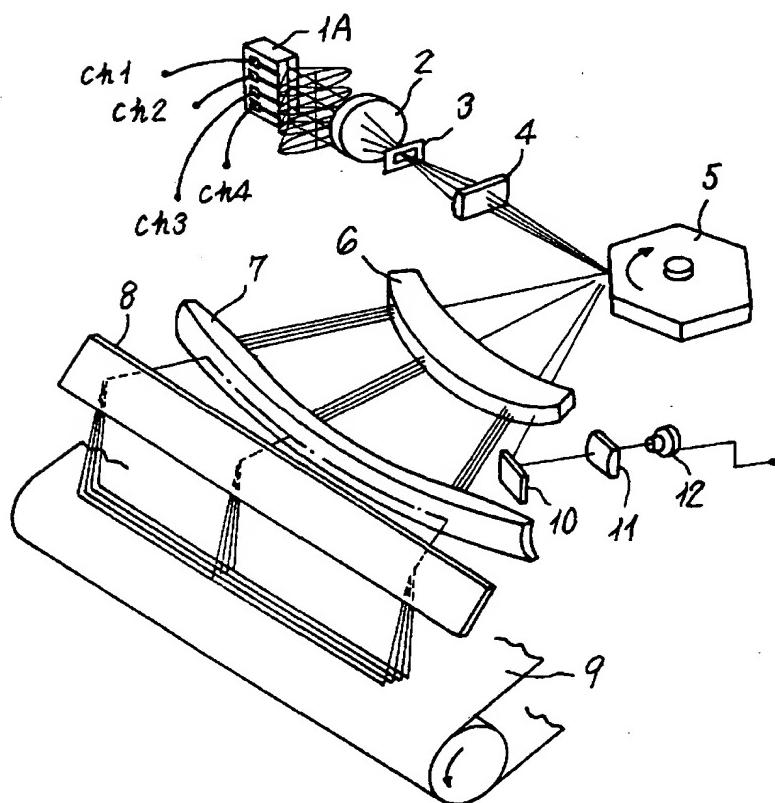
(b) 副走査



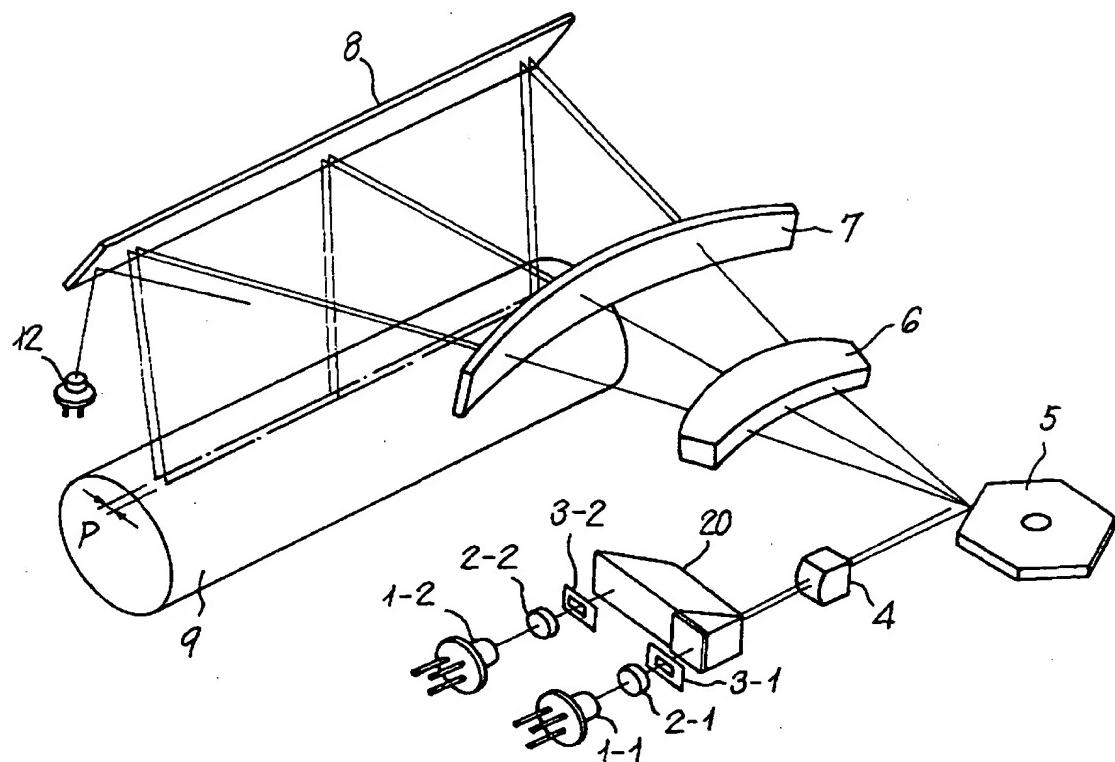
【図31】



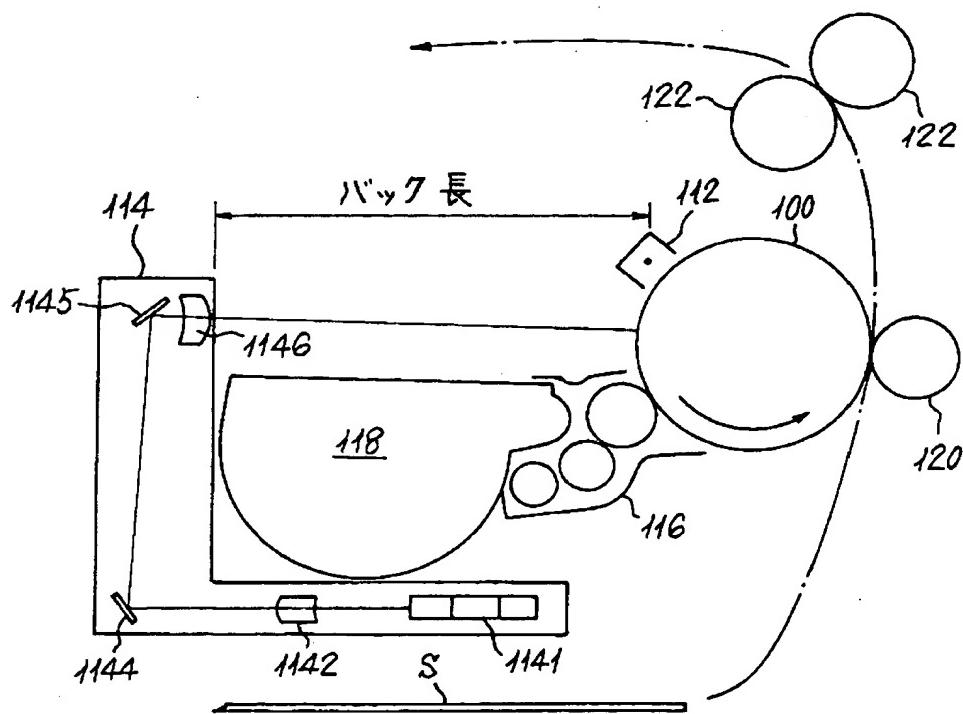
【図32】



【図33】



【図34】



特平11-284443

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 シングルビーム方式、マルチビーム方式を問わずバック長を確保しつつ、小径の光スポットを実現できる走査光学系を実現する。

【解決手段】 光偏向器5により偏向されるビームを被走査面9上に光スポットとして集光させる光学系であって、2枚のレンズ6、7により構成され、光偏向器側のレンズ6は、副走査方向に負の屈折力を有し、被走査面側のレンズ7は、副走査方向に正の屈折力を有し、2枚のレンズ6、7のレンズ面のうち、少なくとも1つのレンズ面は、副走査断面内の形状が非円弧形状である。

【選択図】

図1

出願人履歴情報

識別番号 [000006747]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都大田区中馬込1丁目3番6号

氏 名 株式会社リコー